

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

WILLIAN ALYSSON REITOR NUNES

**MÉTODO DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA  
ELÉTRICA NA INDÚSTRIA – ESTUDO EM UMA INDÚSTRIA DE EXPLOSIVOS**

CURITIBA

2016

WILLIAN ALYSSON REITOR NUNES

**MÉTODO DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA  
ELÉTRICA NA INDÚSTRIA – ESTUDO EM UMA INDÚSTRIA DE EXPLOSIVOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção da Universidade Federal do Paraná – UFPR, como requisito parcial para a obtenção de título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Mendes Junior.

Área de concentração: Tecnologia e Inovação

Linha de pesquisa: Engenharia da Informação e do Conhecimento

CURITIBA

2016

N972m Nunes, Willian Alysson Reitor

Método de implantação de um sistema de gestão de energia elétrica na indústria – estudo em uma indústria de explosivos / Willian Alysson Reitor Nunes. – Curitiba, 2016.

112 f. : il.; tabs.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2016

Orientador: Ricardo Mendes Junior

Bibliografia: p. 103-113

1. Controle de custo. 2. Energia elétrica. 3. Gestão de empresas. I. Mendes Junior, Ricardo. II. Título.

CDD 658.1552

## TERMO DE APROVAÇÃO

WILLIAN ALYSSON REITOR NUNES

### MÉTODO DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA INDÚSTRIA – ESTUDO EM UMA INDÚSTRIA DE EXPLOSIVOS

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

  
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Mendes Junior

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFPR

  
Prof. Dr. Marcelo Gechele Cleto

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFPR

  
Prof. Dr. Roberto Gregório da Silva Junior

Departamento de Transportes, UFPR

Curitiba, 15 de dezembro 2016.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha mãe, pelo seu esforço, apoio e ajuda dentro das nossas limitações para alcançarmos mais esta conquista.

Ao Prof. Ricardo, pela oportunidade, compreensão, flexibilidade, ensinamentos e humildade.

Aos meus familiares e amigos, pela compreensão da minha ausência e apoio durante o período em que cursei o mestrado.

Aos meus colegas de trabalho, pela compreensão, flexibilidade e boa vontade.

Aos Professores Dr. Marcelo Gechele Cleto e Dr. Roberto Gregório da Silva Junior, pelas contribuições e sugestões no trabalho.

A todos os professores, colegas e funcionários do Programa de Mestrado em Engenharia de Produção da UFPR e PUC-PR.

“Você nunca sabe que resultados virão da sua ação, mas se você nunca fizer nada, não existirão resultados”.

**Mahatma Gandhi**

## RESUMO

Com a globalização, a necessidade de a indústria produzir com recursos otimizados não é mais novidade no meio acadêmico e empresarial. O Brasil, na última década, perdeu sua competitividade por custos de produção em relação aos demais países emergentes. Destaca-se a energia elétrica, como um insumo de produção que teve um aumento de mais de 300% desde 2004. Uma alternativa para melhorar a competitividade por custo de produção é a implantação de um Sistema de Gestão de Energia Elétrica (SGE). Diferentes métodos são conhecidos em SGE, mas, dificilmente, são sistematizados, pois é uma tarefa de interface de informação, econômica, comportamental, organizacional, de conhecimento e competência. Este estudo avalia um método de implantação de um SGE aplicável a uma indústria brasileira do setor de explosivos. Foi realizada uma análise sistemática da literatura identificando dezoito métodos de implantação do SGE e pelos critérios definidos na pesquisa o Método Conceitual e Integrador (MCI) proposto por Schulze et al. (2016) foi selecionado para o estudo. A avaliação foi realizada em um estudo de caso, em que foi identificado o fluxo de implantação do SGE pela organização e comparado com o MCI. Com este estudo verificou-se que a empresa poderia obter melhores resultados se seguisse as diretrizes do MCI, principalmente quanto à definição de um time de energia inicial para a implantação e operação. Por outro lado, a empresa apresentou reduções de custos com medidas ligadas ao faturamento, que são particularidades do sistema tarifário brasileiro. Visto as vantagens do método e características de faturamento, este estudo propõe a melhoria do MCI. A adaptação do método dá-se pela explicitação da auditoria preliminar e execução de medidas que não necessitam um conhecimento aprofundado dos fluxos e consumos de energia.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Redução de Custo. Energia Elétrica.  
Gestão de Energia Elétrica.

## **ABSTRACT**

In a global economy, the industry needs of producing with optimized resources is no longer new in academia and business. Over the last decade, Brazil reduced its competitiveness on production costs compared with other emerging countries. Due to high electricity fare is one of reasons. Since 2004, the fare had increased more than 300%. Implementation of an energy management (EM) is an approach to reduce costs and increase competitiveness. Several frameworks and guidelines are known in EM, however, they are hardly systematized but also not only technical challenge, EM is also an interface task with information, economic, behavioral, organizational, knowledge and competence. This study evaluates an EM framework applicable to a Brazilian industry in the explosives industry. The literature was systematically analysed identifying eighteen EM frameworks. By criteria defined in this research, Integrative Conceptual Framework (ICF) proposed by Schulze et al. (2016) was selected in this study. The evaluation was carried out in a case study, the EM framework was identified in the explosive company and compared to the ICF. The results demonstrate the possibility of increase number of cost reduction action by explosive company if the ICF was applied, due to regarding the definition of an initial energy team for the EM implantation and operation. On the other hand, the company achieved costs reductions with measures related to billing, which are part of the Brazilian energy system. From ICF advantages and Brazilian billing system, this study proposes the improvement of ICF. Furthermore, the ICF improvement brings highlight to a preliminary energy audit implementation of measures, which do not require an in-depth knowledge of the flows and energy consumptions.

Key-words: Energy efficiency. Cost reduction, Electricity, Energy management.



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – CUSTO DA PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA BRASILEIRA .....	16
FIGURA 2 – CUSTO DA ENERGIA ELÉTRICA PARA INDÚSTRIA.....	17
FIGURA 3 – MAPEAMENTO DA PESQUISA SISTEMÁTICA .....	23
FIGURA 4 – MODELO DE SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA ISO 50001.....	32
FIGURA 5 – MÉTODO CONCEITUAL E INTEGRADOR (MCI) DE SCHULZE ET. AL. (2016) .....	37
FIGURA 6 – PROCESSO DE AUDITORIA DE ACORDO COM DIN EN16247-1 ...	40
FIGURA 7 – DESLOCAMENTO DE CARGA DO HORÁRIO DE PONTA.....	56
FIGURA 8 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA .....	62
FIGURA 9 – SISTEMATIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	73
FIGURA 10 – ALINHAMENTO DA METODOLOGIA AOS OBJETIVOS DA PESQUISA.....	74
FIGURA 11 – COMPARAÇÃO DO MCI EM RELAÇÃO AO CASO ESTUDADO.....	96
FIGURA 12 – PROPOSTA DE MELHORIA DO MCI .....	98

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – TRABALHOS CORRELATOS COM O SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA.....	20
QUADRO 2 – TRABALHOS QUE ABORDAM TÓPICOS DO SGE .....	24
QUADRO 3 – UMA TAXONOMIA PARA AS BARREIRAS À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	30
QUADRO 4 – FATORES DE MOTIVAÇÃO À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	31
QUADRO 5 – MÉTODOS DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA.....	33
QUADRO 6 – ESTRUTURA TARIFÁRIA BRASILEIRA .....	52
QUADRO 7 – CONSTRUÇÃO DO QUESTIONÁRIO .....	67
QUADRO 8 – RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SOBRE FATORES DE MOTIVAÇÃO .....	78
QUADRO 9 – RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SOBRE BARREIRAS .....	80
QUADRO 10 – RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SOBRE ESTRUTURA ORGANIZACIONAL .....	81
QUADRO 11 – RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SOBRE AUDITORIA ENERGÉTICA.....	83
QUADRO 12 – RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SOBRE MONITORAMENTO E CONTROLE .....	85
QUADRO 13 – RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SOBRE POLÍTICA ENERGÉTICA.....	87
QUADRO 14 – RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SOBRE AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTO .....	89
QUADRO 15 – RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SOBRE MEDIDAS DE REDUÇÃO DE FATURAMENTO.....	90
QUADRO 16 – RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SOBRE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	91
QUADRO 17 – FLUXO DE IMPLANTAÇÃO DO SGE REALIZADA PELA EMPRESA .....	93

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – LISTA DE INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	43
TABELA 2 – SUGESTÕES DE INDICADORES DE MEDIDAS NÃO ENERGÉTICOS .....	48
TABELA 3 – CATEGORIAS DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	59
TABELA 4 – ETAPAS DE PESQUISA .....	64

## LISTA DE ABRIVIATURAS E SIGLAS

ABIQUM	– Associação Brasileira da Indústria Química
ABNT	– Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	– Agência Nacional de Energia Elétrica
AT	– Alta Tensão
BCG	– Boston Consulting Group
BEN	– Balanço Energético Nacional
BNDS	– Banco Nacional de Desenvolvimento
BT	– Baixa Tensão
C	– Concorda
CATIVO	– Ambiente de Contratação Regulado
CCEE	– Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CEN	– <i>European Committee for Standardization</i>
CENELEC	– <i>European Committee for Electrotechnical Standardization</i>
CNPJ	– Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
CONFINS	– Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CP	– Concorda Plenamente
CS	– Coordenadora de Sustentabilidade
D	– Discorda
DDS	– Diálogo Diário de Segurança
DE	– Diretor Executivo
DP	– Concorda Plenamente
EBar®	– <i>Energy Budget at Risk</i>
EE	– Encarregado de Elétrica
EIA	– <i>Energy Information Administration</i>
EM	– <i>Energy Management</i>
ESCO	– <i>Energy Services Company</i>
EUA	– Estados Unidos da América
FINEM	– Linha de Crédito em Eficiência Energética
FIRJAN	– Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
GD	– Geração Distribuída
GE	– Gerente de Engenharia

ICF	– <i>Integrative Conceptual Framework</i>
ICMS	– Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
LED	– <i>Light Emitter Diode</i>
LIVRE	– Ambiente de Contratação Livre
MAUT	– <i>Multi Attribute Utility Theory</i>
MCI	– Método Conceitual Integrador
MT	– Média Tensão
OLADE	– Organização Latino-Americana de Energia
PASEP	– Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público
PCH	– Pequenas Centrais Hidroelétricas
PDCA	– <i>Plan/Do/Check/Act</i>
PEE	– Programa de Eficiência Energética
PIS	– Programa de Integração Social
PROCEL	– Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética
PROPEE	– Programa de Eficiência Energética
Resp.	– Resposta
SGE	– Sistema de Gestão de Energia Elétrica
SMART	– <i>Specific/Measurable/Attainable/Relevant/Timely</i>
TIR	– Taxa Interna de Retorno
TUSD	– Tarifas para Uso do Sistema de Distribuição
TUST	– Tarifas para Uso do Sistema de Transmissão
VPL	– Valor Presente Líquido

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1	OBJETIVOS .....	18
1.1.1	Objetivo geral .....	18
1.1.2	Objetivos específicos.....	19
1.2	JUSTIFICATIVA.....	19
1.2.1	Acadêmica.....	19
1.2.2	Econômica.....	21
1.2.3	Técnica .....	22
1.3	DELIMITAÇÃO DO TRABALHO.....	22
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>23</b>
2.1	SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	27
2.2	BARREIRAS DE IMPLANTAÇÃO DO SGE .....	29
2.3	MODELOS DE SGE PARA A INDÚSTRIA.....	31
2.3.1	Método conceitual e integrador (MCI).....	35
2.4	ESTRATÉGIA DA ESTRUTURA ORGANIZACIONAL .....	37
2.5	AUDITORIA ENERGÉTICA.....	39
2.6	INDICADORES DE DESEMPENHO .....	40
2.6.1	Indicadores globais.....	41
2.6.2	Indicadores específicos .....	43
2.7	MONITORAMENTO E CONTROLE .....	44
2.8	POLÍTICA ENERGÉTICA .....	45
2.9	AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	47
2.10	MEDIDAS DE REDUÇÃO DO FATURAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA	49
2.10.1	Sistemas de fornecimento de energia elétrica.....	49
2.10.1.1	Mercado cativo .....	50
2.10.1.2	Mercado livre.....	52
2.10.1.3	Geração distribuída .....	54
2.10.2	Aumento do fator de carga .....	54
2.10.3	Deslocamento de carga do horário de ponta.....	55
2.10.4	Correção do fator de potência .....	56
2.10.5	Crédito de impostos.....	57
2.11	MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....	58

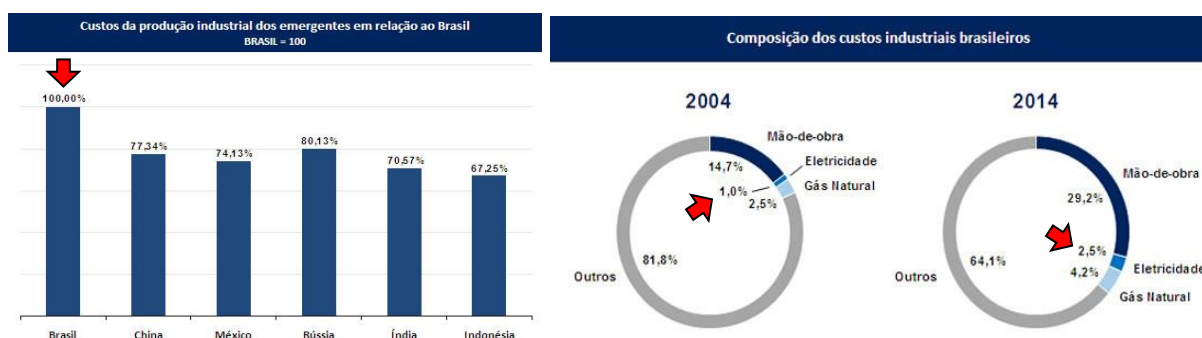
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>61</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....	61
3.2	CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DA EMPRESA .....	62
3.3	CARACTERÍSTICAS GERAIS DA EMPRESA .....	62
3.4	UNIDADE DE ANÁLISE .....	63
3.5	PROTOCOLO DA PESQUISA .....	64
3.6	INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS .....	66
3.7	SISTEMATIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS .....	73
3.8	ALINHAMENTO DA METODOLOGIA AOS OBJETIVOS DA PESQUISA ...	74
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS .....</b>	<b>75</b>
4.1	EMPRESA ESTUDADA.....	75
4.2	SISTEMATIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS .....	75
4.2.1	Análise documental .....	76
4.2.2	Caracterização dos respondentes .....	77
4.2.3	Fatores de motivação .....	77
4.2.4	Barreiras .....	79
4.2.5	Estrutura organizacional .....	81
4.2.6	Auditoria energética.....	82
4.2.7	Monitoramento e controle .....	84
4.2.8	Política energética .....	85
4.2.9	Avaliação de investimento .....	88
4.2.10	Medidas de redução de faturamento .....	89
4.2.11	Medidas de eficiência energética .....	91
4.3	AVALIAÇÃO DO MÉTODO SELECIONADO APLICADO A UMA INDÚSTRIA BRASILEIRA DO SETOR DE EXPLOSIVOS .....	92
4.4	PROPOSTA DE MELHORIA DO MCI PARA O CENÁRIO ESTUDADO.....	97
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>100</b>
5.1	ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DA PESQUISA.....	100
5.2	CONCLUSÕES.....	101
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>103</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com a globalização, a necessidade de a indústria produzir com recursos otimizados não é mais novidade no meio acadêmico e no meio empresarial. A competitividade global do Brasil, em relação a países emergentes por custo, reduziu bruscamente na última década. (SIRKIN; ZINSER; ROSE, 2014).

O Boston Consulting Group (BCG, 2016) produziu um índice mediu as mudanças diretas nos custos de fabricação de 2004 a 2014 entre as 25 principais economias exportadoras do mundo. O índice desenvolve pontuação de competitividade com base em salários de produção, produtividade, custos de energia e as taxas de câmbio em relação ao dólar americano (SIRKIN; ZINSER; ROSE, 2014). Em uma escala de 100, em relação aos demais, a produção industrial brasileira mostra-se 29,3% mais cara do que na China, 24,8% mais cara do que na Rússia e 41,7% mais cara do que na Índia (FIGURA 1).

FIGURA 1 – CUSTO DA PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA BRASILEIRA



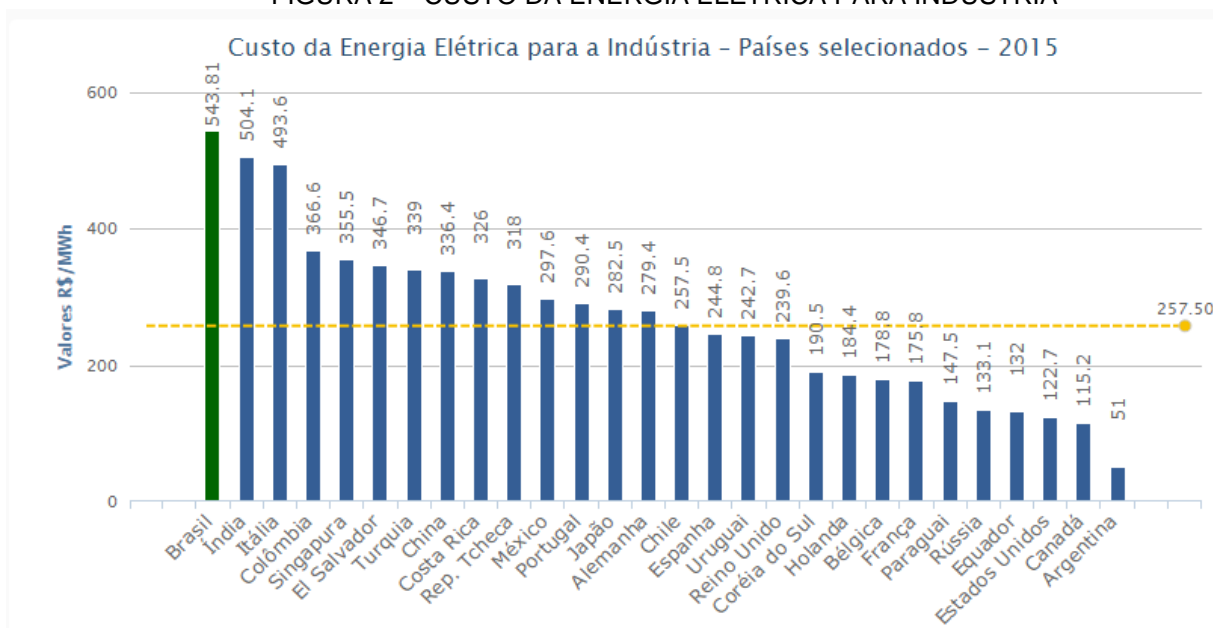
FONTE: BCG (2016).

Os dados na FIGURA 1 do estudo publicado pelo BCG expõem também a composição dos custos gerais industriais brasileiros. Pode-se observar o aumento dos salários e aumento significativo de custos de energias de 2004 comparado com 2014. Destaca-se a eletricidade que teve um aumento de mais de 300%. (SIRKIN; ZINSER; ROSE, 2014).

A Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN) acompanha o cenário da energia elétrica do Brasil e no mundo. A FIRJAN comparou o custo da eletricidade dos países emergentes e outros selecionados, apresentado na FIGURA 2. Percebe-se, por meio dessa comparação, que o Brasil tem o custo mais alto. (FIRJAN, 2015).



FIGURA 2 – CUSTO DA ENERGIA ELÉTRICA PARA INDÚSTRIA



FONTE: FIRJAN (2015).

O cálculo do comparativo FIRJAN (FIGURA 2) foi baseado nas tarifas praticadas nas 64 distribuidoras brasileiras para indústria, considerando sazonalidade, períodos secos e úmidos e utilização das hidrelétricas e termoeletricas ao longo do ano. Os valores internacionais foram obtidos na publicação “Energy Prices and Taxes” da Agência Internacional de Energia e na base de dados da Organização Latino-Americana de Energia (OLADE). Para todos os países, foram consideradas as tarifas com tributos. (FIRJAN, 2011).

Mediante o cenário internacional, a perspectiva da evolução futura do custo da energia elétrica implica perda de competitividade das indústrias nacionais, logo, o país precisa continuar o esforço pela redução de custo energético. (FIRJAN, 2014).

Introna et al. (2014) sugerem que uma alternativa para melhorar posições competitivas é a adoção de um Sistema de Gestão de Energia (SGE), pois seu uso criterioso e eficaz implicaria redução de custo de energia e a maximização de lucro. O estudo de Lee e Cheng (2016) explica que a adoção do SGE traz mais redução de consumo do que implantar medidas isoladas.

Quando implantado, o SGE pode contribuir na identificação de potenciais economias de energia e reduzir consumos, estudos estimam potencial redução de custos de energia de até 20% para indústria. (TRUST, 2011; ANTUNES; CARREIRA; SILVA, 2014; CHIU; LO; TSAI, 2012; DÖRR; WAHREN; BAUERNHANSL, 2013; JOVANOVIĆ; FILIPOVIĆ, 2016).

Uma vasta gama de diferentes métodos, padrões, normas e medidas são conhecidos em SGE, mas, dificilmente sistematizados, pois a gestão da energia nas empresas industriais não constitui puramente uma tarefa técnica, mas sim de interface de informação, econômica, comportamental, organizacional, de conhecimento e competência. (BUNSE et al., 2011; POSCH, 2011; TRIANNI; CAGNO; DONATIS, 2014; JAVIED; RACKOW; FRANKE, 2015; THOLLANDER et al., 2015).

O gerenciamento eficaz da energia na indústria está, frequentemente, inserido num contexto específico, uma vez que depende de muitos fatores, como localização, *design* de produto e a escolha do processo. Portanto, pode ser difícil replicar soluções de economia de energia oriundos de um tipo de indústria para diferentes setores e/ou localização. (BACKLUND et al., 2012; VIKHOREV; GREENOUGH; BROWN, 2013).

Nesse contexto, muitas empresas industriais, ainda, carecem de métodos adequados para tratar eficazmente o SGE de uma forma abrangente e prática. (BUNSE et al., 2011; GIACONE; MANCÒ, 2012).

A indústria no segmento químico é impactada com os custos elevados da energia elétrica. Planos de ações para esse setor e suas subdivisões, como a de explosivos, é condição indispensável para que esse segmento possa, efetivamente, lançar-se em um programa de investimentos mais vigoroso. (ABIQUIM, 2016).

A indústria de explosivos fornece soluções de produtos e serviços para desmonte de rocha para companhias de base, especialmente mineração, construção civil pesada e agregados. O custo de energia elétrica para o processo produtivo é de grande impacto no valor do produto final, e, na atual conjuntura da indústria de base no Brasil, a redução de custos é um dos principais fatores de sobrevivência no mercado.

Frente ao contexto acima descrito, tem-se como questão de pesquisa: **Como implantar um sistema de gestão de energia elétrica em uma indústria brasileira do setor de explosivos?**

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Avaliar um método de implantação de um sistema de gestão de energia elétrica em um estudo de caso em uma indústria brasileira do setor de explosivos.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- a) Analisar normas, padrões e métodos de implantação de um sistema de gestão de energia utilizados na indústria;
- b) Selecionar um método de implantação de um sistema de gestão de energia elétrica aplicável a uma indústria brasileira do setor de explosivos;
- c) Avaliar o método selecionado em um estudo de caso em uma indústria brasileira do setor de explosivos;
- d) Propor melhoria do método selecionado aplicado em uma indústria brasileira do setor de explosivos.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A relevância deste trabalho se caracteriza sob três perspectivas: Acadêmica, Econômica e Técnica.

### 1.2.1 Acadêmica

Essa pesquisa se enquadra na área de Engenharia Organizacional da engenharia de produção, conforme elaborada pela Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO, 2016). Com o objetivo de apontar a lacuna de pesquisa acadêmica que justifica esta pesquisa são apresentados no QUADRO 1 os trabalhos correlatos a partir de 2013, identificados por meio da pesquisa sistemática apresentada no Capítulo 2.

Estes trabalhos indicam um campo de pesquisa em evolução, uma vez que houve aumento do interesse de revistas acadêmicas pelo SGE, especialmente nos últimos três anos. As pesquisas correlatas apresentam modelos de metodologia a fim de superar as barreiras da implantação do SGE, sendo o resultado final a redução do consumo e custo de energia.

QUADRO 1 – TRABALHOS CORRELATOS COM O SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA

AUTOR	REVISTA	TÍTULO	OBJETIVO	TIPO DE PESQUISA
Vikhorev, Greenough e Brown, (2013)	Journal of Cleaner Production	An advanced energy management framework to promote energy awareness.	Propor uma metodologia de monitoramento e gerenciamento de energia na indústria.	Pesquisa ação, estudo de caso, analisado o estado da arte e <i>Survey</i> .
Ngai et al. (2013)	Int. J. Production Economics journal	Energy and utility management maturity model for sustainable manufacturing process	Desenvolver uma estrutura de maturidade de energia e utilidade para avaliação e gestão de consumo de recursos naturais sistemática.	Revisão da literatura, estudo de caso.
Thiede, Posset e Hermann (2013)	CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology	SME appropriate concept for continuously improving the energy and resource efficiency in manufacturing companies	Apresentar um conceito apropriado para a melhoria sistemática e contínua da eficiência energética e de recursos em empresas de manufatura.	Revisão da literatura, estudo de caso
Gopalakrishnan et al. (2014)	Sustainable Energy Technologies and Assessments	A structured approach for facilitating the implementation of ISO 50001 standard in the manufacturing sector	Descrever uma metodologia padrão usando fluxogramas e uma ferramenta de software para facilitar o desenvolvimento de um sistema de gestão de energia compatível com ISO 50001	Revisão da literatura
Antunes, Carreira e Silva (2014)	Energy Policy	Towards an energy management maturity model.	Propor um modelo de maturidade da gestão de energia que pode ser usado para orientar as organizações nos seus esforços de implantação de gestão de energia para alcançar progressivamente a conformidade com as normas de gestão de energia, como a ISO 50001.	Revisão da literatura.

Introna et al. (2014)	Journal of Cleaner Production	Energy Management Maturity Model: an organizational tool to foster the continuous reduction of energy consumption in companies	Propor um modelo geral de maturidade inovador para o campo de gestão de energia.	Revisão da literatura, pesquisa exploratória
Javied, Rackow e Franke (2015)	Procedia CIRP	Implementing energy management system to increase energy efficiency in manufacturing companies.	Propor uma adequada orientação organizacional necessária para atingir os objetivos da gestão de energia industrial.	Análise qualitativa baseado em revisão bibliográfica.
Jovanović e Filipović (2016)	Journal of Cleaner Production	ISO 50001 standard-based energy management maturity model e proposal and validation in industry	Propor um maior nível de maturidade do modelo ISO 50001 para as organizações obterem requisitos da certificação	Revisão da literatura, análise qualitativa e estudo de caso
Schulze et al. (2016)	Journal of Cleaner Production	Energy management in industry a systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework.	Apresentar uma revisão sistemática de publicações sobre gestão de energia na indústria e propor um conceito da estrutura da gestão de energia na indústria.	Revisão Sistemática.

FONTE: O autor (2016).

### 1.2.2 Econômica

Segundo a agência americana *Energy Information Administration* (EIA) (2015a), com o aumento da concorrência internacional, para que a indústria mantenha a competitividade, a eficiência energética pode ajudar a reduzir custos em longo prazo. O relatório da EIA (2015b) apresenta que, no âmbito global, a energia elétrica consumida pela manufatura corresponde a 30%, o Balanço Energético Nacional (BEN, 2015) apresenta que no Brasil, o consumo da indústria é cerca de 38,8%.

No estudo de Schulze et al. (2016), expõe-se que o aumento do preço da energia, restrições mais rigorosas da legislação ambiental e demandas políticas criaram maior necessidade por **sistemas de gestão de energia elétrica**. Esses

programas têm como finalidade reduzir o consumo de energia e os custos relacionados nas indústrias. De acordo com EIA (2015b), em longo prazo, o SGE de uma empresa se mostra de grande importância para o posicionamento das organizações como líderes de mercado em seus segmentos.

Para Backlund et al. (2012), se a gestão de energia está implantada, o potencial de melhoria da eficiência, também, é maior.

Diante disso, esta pesquisa vem contribuir com um estudo prático da implantação de um sistema de gestão de energia elétrica em uma indústria brasileira procurando mostrar as economias já obtidas ou que podem ser obtidas.

### 1.2.3 Técnica

Apesar de existirem vários guias e diretrizes para ajudar as empresas na implantação do SGE, estudos de caso mostram que, na prática, as recomendações destes guias não cobrem a amplitude das atividades de energia (ANTUNES CARREIRA; SILVA, 2014). Além disso, o estudo de Backlund et al. (2012) mostra que as ferramentas de gestão de energia apresentadas no estado da arte nem sempre são implantadas na vida real. A presente pesquisa contribui com a avaliação da implantação de um dos métodos propostos na literatura em uma indústria brasileira.

## 1.3 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

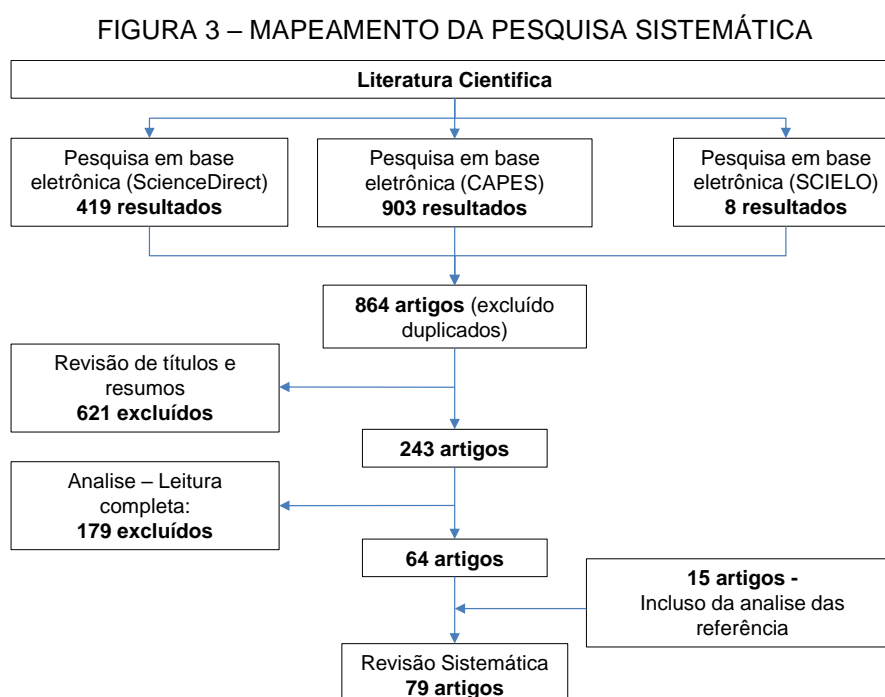
Como delimitação desta pesquisa, tem-se que o estudo partiu da análise de uma única empresa, e, por esse motivo, os resultados obtidos não podem ser generalizados. Além disso, o presente estudo está delimitado ao SGE com foco em energia elétrica. No entanto, o método empregado na elaboração dos instrumentos de coleta de dados e na condução dessa pesquisa pode ser replicado a outros casos, tendo em vista que o trabalho foi elaborado com base em um método geral proposto na literatura acadêmica e não, simplesmente, direcionado ao caso específico utilizado nesse estudo.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

A literatura que remete à implantação do sistema de gestão de energia compreende em guias de boas práticas, artigos científicos e fontes do governo brasileiro, e essas referências são analisadas nessa seção. A busca pelo embasamento teórico científico foi realizada, sistematicamente, em bases eletrônicas (FIGURA 3). As bases de dados utilizadas foram: a Capes, Scielo e Science Direct. Os termos utilizados referem-se à “Gestão de energia”, “Eficiência energética”, “Auditoria energética” e “Política energética”, sendo os correspondentes em inglês: “energy management”, “energy efficiency”, “energy audit” e “energy policy”.

Para a base ScieceDirect, a restrição foi: "energy management" AND "energy efficiency" AND “audit” AND “policy” AND “industry”, com pesquisa em qualquer parte do texto, período de 2011 até Fevereiro/2016, excluso livros e citações. A busca retornou 419 resultados. Para a base Scielo, os termos foram “energy efficiency” e “industry”, com retorno de 8 resultados.

Para os periódicos da Capes, foram utilizados as mesmas restrições que o ScienceDirect, porém, sem resultados relevantes, dessa forma, a restrição foi: "energy management" AND "energy efficiency" AND “industry” com pesquisa em qualquer parte do texto, 2011 até Fevereiro/2016. A busca retornou 903 resultados.



FONTE: O autor (2016).

Com a exclusão dos artigos duplicados e a leitura dos títulos e resumos, eliminaram-se 621 artigos. A leitura completa dos 243 restantes excluiu 179 destes. Por meio da verificação do referencial teórico mais citado, em relação aos 64 artigos remanescentes, adicionaram-se mais 15, totalizando 79 artigos para este projeto. Fazem parte da bibliografia as sugestões dos professores avaliadores do projeto de deste trabalho, que incluem 8 referências aplicadas ao cenário brasileiro.

Por meio da avaliação do referencial teórico, os dezoito trabalhos que melhor abordam cada tópico, ferramenta ou etapa específica do SGE são apresentados no QUADRO 2. Os nove trabalhos correlatos identificados através da pesquisa sistemática a partir de 2013 que apresentam uma proposta de metodologia de implantação do SGE, encontram-se no QUADRO 1 no item 1.2.1.

QUADRO 2 – TRABALHOS QUE ABORDAM TÓPICOS DO SGE

AUTOR	FONTE	TÍTULO	OBJETIVO	TIPO DE PESQUISA
Bunse et al. (2011)	Journal Of Cleaner Production	Integrating energy efficiency performance in production management e gap analysis between industrial needs and scientific literature.	Evidenciar as necessidades das indústrias para a integração de eficiência energética na gestão da produção.	Revisão da literatura, entrevistas semiestruturadas, questionários e workshops.
Sola (2011)	Tese Submetida à UFPE	Modelo de decisão multicritério, para substituição de tecnologias em sistemas industriais, aplicado ao uso eficiente de energia.	Propor um modelo de decisão multicritério para a substituição de tecnologias em sistemas industriais de energia, que contribua para a transposição de barreiras organizacionais.	Revisão da literatura e aplicação em uma indústria.
Godoi (2011)	Dissertação Submetida à USP	Eficiência energética industrial: um modelo de governança de energia para a indústria sob requisitos de sustentabilidade.	Criar um modelo de governança de energia para indústria, o qual, para sua completeza e atualidade, contempla a questão energia e sustentabilidade de forma integrada.	Revisão da literatura.



Backlund et al. (2012)	Energy Policy	Extending the energy efficiency gap.	Descrever como as práticas de gestão de energia podem aumentar tanto o potencial de eficiência energética e o nível de implantação dos programas da política energética.	Análise qualitativa baseado em revisão bibliográfica.
Batista (2013)	Dissertação Submetida à EESC	Redução do custo da energia elétrica em ambientes industriais por meio de uma estratégia de baixo custo em gestão energética.	Identificar as principais oportunidades em pequenas e médias empresas na contratação e uso da energia elétrica e evidenciar os ganhos econômicos resultantes de uma política de inteligência empresarial que abrange práticas de gestão energética	Estudo de caso com análise qualitativa dos dados obtidos com a aplicação de questionário, entrevistas e análise documental.
Frozza et al. (2012)	Congresso Nacional de Excelência em Gestão	Metodologia de Implantação de um sistema de Gestão de Energia Utilizando ABNT NBR ISO 50001.	Propiciar às instituições um melhor desempenho energético com eficiência energética.	Revisão da literatura.
Viana et al. (2012)	Livro	Eficiência energética: fundamentos e aplicações.	Promover a identificação de oportunidades de redução de custos operacionais e do consumo de energia elétrica.	Revisão da literatura e apresentação de estudos de caso.
Ates e Durakbasa (2012)	Energy	Evaluation of corporate energy management practices of energy intensive industries in Turkey.	Investigar prática de gestão energética Industrial na Turquia e destacar gargalos e deficiências significativas das indústrias de uso intensivo de energia em termos de práticas de gestão de energia.	Estudo de casos múltiplos por meio de questionários.
Vikhorev, Greenough e Brown, (2013)	Journal Of Cleaner Production	An advanced energy management framework to promote energy awareness.	Propor uma metodologia de monitoramento e gerenciamento de energia na indústria.	Pesquisa ação, estudo de caso, analisado o estado da arte e Survey.

Cagno et al. (2013)	Renewable And Sustainable Energy Reviews	A novel approach for barriers to industrial energy efficiency.	Apresentar uma nova abordagem para barreiras de implantação da eficiência energética industrial, baseada na revisão sistemática da literatura.	Revisão da literatura e análise qualitativa.
Blass et al. (2014)	Energy	Top management and the adoption of energy efficiency practices: Evidence from small and medium-sized manufacturing firms in the US.	Investigar o papel da alta direção, mais especificamente de gerentes de operações na adoção de práticas de eficiência energética.	Revisão da literatura, coleta de dados e análise estatística.
Antunes, Carreira e Silva (2014)	Energy Policy	Towards an energy management maturity model.	Propor um modelo de maturidade da gestão de energia que pode ser usado para orientar as organizações nos seus esforços de implantação de gestão de energia para alcançar, progressivamente, a conformidade com as normas de gestão de energia, como a ISO 50001.	Revisão da literatura.
Trianni, Cagno e Donatis (2014)	Applied Energy	A framework to characterize energy efficiency measures.	Propor uma caracterização de medidas de eficiência energética, com destaque para as perspectivas mais relevantes, detalhar em características individuais e apresentar os fatores de decisão no investimento em eficiência energética.	Revisão da literatura e análise qualitativa.
Cagno e Trianni (2014)	Journal Of Cleaner Production	Evaluating the barriers to specific industrial energy efficiency measures: An exploratory study in small and medium-sized enterprises.	Avaliar como uma determinada barreira pode ser diferente quando se avaliada em diferentes níveis da organização, por meio da área de tecnologia ou a respeito a uma medida específica.	Pesquisa exploratória, estudo de caso e coleta de dados por entrevistas.

May et al. (2015)	Applied Energy	Energy management in production: A novel method to develop key performance indicators for improving energy efficiency.	Propor um método que apoia empresas de manufatura no desenvolvimento de indicadores de desempenho baseados em energia.	Revisão da literatura, entrevistas semiestruturadas e implantação e validação por entrevistas semiestruturadas.
Paramonova, Thollander e Ottosson (2015)	Renewable and Sustainable Energy Reviews	Quantifying the extended energy efficiency gap-evidence from Swedish electricity-intensive industries.	Quantificar a magnitude da melhoria da eficiência energética dentro da indústria sueca de energia intensiva que vai além da difusão do modelo de tecnologia.	Revisão bibliográfica, coleta de dados e análise por meio de análise quantitativa e qualitativa.
Javied, Rackow e Franke (2015)	Procedia CIRP	Implementing energy management system to increase energy efficiency in manufacturing companies.	Propor uma adequada orientação organizacional necessária para atingir os objetivos da gestão de energia industrial.	Análise qualitativa baseada em revisão bibliográfica.
Schulze et al. (2016)	Journal of Cleaner Production	Energy management in industry a systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework.	Apresentar uma revisão sistemática de publicações sobre gestão de energia na indústria e propor um conceito da estrutura da gestão de energia na indústria.	Revisão Sistemática.

FONTE: O autor (2016).

## 2.1 SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

De acordo com Backlund et al. (2012), existe uma vasta gama de definições na literatura acadêmica relativa ao SGE para a indústria. Introna et al. (2012) definem que a gestão de energia do ponto de vista empresarial é o uso criterioso e eficaz de energia a fim de maximizar os lucros e aumentar a competitividade.

Segundo Javied, Rackow e Franke (2015), um SGE é uma abordagem sistemática e contínua de melhorias de energia sustentável que pode ser baseada em normas e guias em diferentes profundidades.

Para essa pesquisa, conforme norma ISO 50001:2011, referenciado pela ABNT (2011), considera-se que o SGE é uma aplicação estruturada de uma série de

técnicas de gestão que permite a uma organização identificar e implantar ações, denominadas práticas de gestão.

A SGE tem demonstrado, repetidamente, ao longo dos últimos vinte anos ser um dos meios mais eficientes de redução de custos. Logo, os motivos econômicos mostram-se a principal motivação para inclusão de programas de eficiência (INTRONA et al., 2014).

Paramonova, Thollander e Ottosson (2015) apresentam que as práticas de gestão de energia implicam um trabalho contínuo, a fim de melhorar o nível da eficiência energética. Isto inclui aspectos como: a obtenção de informações sobre os fluxos de energia, definição da estratégia energética, manter a consciência entre os funcionários e trabalho de melhoria contínua. Adicionalmente, Batista (2013) cita questões como: contratação de energia, sistema tarifário, tecnologias, análises econômicas e integração de sistemas de tecnologia e informação.

Segundo Vikhorev, Greenough e Brown (2013), não se pode gerenciar o que não se mede, logo, a coleta de dados é fundamental para o SGE. Para a indústria, a auditoria energética constitui o meio para o entendimento dos fluxos de consumo de energia das edificações, sistemas produtivos ou processos.

No estudo de Backlund et al. (2012) apresenta que a coleta de dados e as respectivas análises podem gerar investimentos em novas tecnologias, mas o controle contínuo desses dados pode detectar ineficiências e mau funcionamento de equipamentos. Dessa forma, um sistema de medição ajuda a aperfeiçoar o SGE e avaliar o desempenho das tecnologias instaladas.

No entanto, o SGE vai além do monitoramento e das metas. A integração entre fonte de consumo e pessoas deve ser entendida. Dados de consumo de energia recolhidos com base em todas as camadas da organização precisam ser correlacionados e avaliados em conjunto para desenvolver estratégias de eficiência energética. Isso requer padronização de técnicas de coleta de dados, preferencialmente contínuo, com sistema de processamento e apresentação dos dados. A política energética é a formalização dos procedimentos e métodos de monitoramento e metas. (VIKHOREV; GREENOUGH; BROWN, 2013).

Backlund et al. (2012) destacam que, apesar de as práticas de gestão de energia terem sido pouco estudadas, a sua importância é demonstrada em vários estudos empíricos da indústria. Além disso, estudos revelam que estratégias

energéticas de longo prazo, gestores de energia comprometidos e qualificados constituem fatores importantes que estimulam a eficiência energética na indústria.

Dada a baixa efetividade de ações isoladas e descoordenadas na totalidade do SGE empresarial, faz-se necessário o amparo por uma metodologia (BATISTA, 2013).

## 2.2 BARREIRAS DE IMPLANTAÇÃO DO SGE

Segundo Dörr, Wahren e Bauernhansl (2013), ainda existem empresas que não têm um SGE implantado ou uma melhoria contínua da eficiência energética. Vários estudos atribuem isso a inúmeras barreiras e lacunas entre as necessidades industriais e a literatura científica. A pesquisa de Cagno e Trianni (2014) revela que a literatura reconhece uma infinidade de barreiras de mudanças que afetam diferentes níveis da organização.

Há uma variedade de estudos que apresenta as barreiras de implantação da eficiência energética na indústria, diferentemente agrupados ou sistematizados. (MARINS, 2010; SOLA, 2011; FLEITER; WORRELL; EICHHAMMER, 2011; CHAI; YEO, 2012; TRIANNI; CAGNO, 2012; FLEITER; SCHLEICH; RAVIVANPONG, 2012; CAGNO et al., 2013; CAGNO; TRIANNI, 2014; MEATH; LINNENLUECKE; GRIFFITHS, 2014; BRUNKE; JOHANSSON; THOLLANDER, 2014; BLASS et al., 2014; TRIANNI; CAGNO; FARNE, 2015; PARAMONOVA; THOLLANDER; OTTOSSON, 2015; SOLA; MOTA, 2015; CAGNO et al., 2015).

Em seu estudo Cagno et al. (2013) expõem as principais barreiras, em uma revisão abrangente, em que foram identificadas 27 barreiras à eficiência energética industrial, agrupadas em sete diferentes categorias: econômicas, organizacionais, tecnológicas, comportamentais, competências, informação e conhecimento (QUADRO 3). Em um estudo mais recente, Kindström, Ottosson e Thollander (2016) apresenta barreiras relacionadas às questões gerenciais e política energética.

No estudo de Trianni e Cagno (2012), diferentes fatores de motivação à eficiência energética são agrupados (QUADRO 4). Trianni, Cagno e Farne (2015) realizaram um estudo voltado a barreiras para pequenas e médias empresas, no qual se evidenciaram os fatores de motivação apresentados por Trianni e Cagno (2012) e reforçou-se a importância de uma correta auditoria energética e a especificação da política energética empregada na empresa. No entanto, para Blass et al. (2014) a

adoção de uma estratégia adequada e o comprometimento da alta gerência resulta em melhores índices de eficiência energética.

QUADRO 3 – UMA TAXONOMIA PARA AS BARREIRAS À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

<b>Categoria</b>	<b>Barreiras</b>
Tecnologia	Tecnologia não adequada
	Tecnologia não disponível
Informação	Falta de informações de custos e benefícios
	Falta de clareza da informação dos equipamentos
	Pouca confiabilidade nas fontes de informação
Econômico	Baixa disponibilidade de capital
	Custos de investimentos
	Melhorias não suficiente lucráveis
	Riscos de melhorias
	Custos ocultos
Comportamental	Outras prioridades
	Falta de compartilhamento de objetivos
	Falta de interesse em melhorias de eficiência energética
	Critério de avaliação não adequado
	Inércia
Organizacional	Falta de tempo
	Interesses divergentes
	Falta de controle interno
	Complexo fluxo de decisão
	Baixo status de eficiência energética
Competência	Implantação de melhorias
	Identificação de ineficiência
	Identificação de oportunidades
	Dificuldade de obter habilidades externas
Conhecimento	Falta de conhecimento

FONTE: Adaptado de Trianni, Cagno e Farne, 2015.

Não obstante, a dificuldade de melhorar a eficiência energética na indústria também é devida à alta complexidade dos sistemas produtivos e processos que diferem entre segmentos industriais. Devido a essas barreiras, há uma forte necessidade de uma abordagem metodológica para gerenciar o uso da energia na indústria. (SCHULZE et al., 2016).

QUADRO 4 – FATORES DE MOTIVAÇÃO À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

<b>Categoria</b>	<b>Fatores</b>
Regulatórios	Clareza da informação
	Eficiência devido a restrições legais
	Auditoria energética externa/medição setorizada
	Imagem verde
	Aumento das tarifas de energia
	Estratégia energética a longo prazo
	Apelo tecnológico
	Confiabilidade de informações
	Acordos voluntários
	Vontade de competir
Econômico	Redução de custos através da utilização de energia
	Informações sobre os custos reais
	Suporte de gestão
	Subsídios de investimento público
	Financiamento privado
Informativo	Disponibilidade de informações
	Conhecimento
	Cooperação externa
	Conhecimento de benefícios não energéticos
	Gestão com ambições reais
	Equipe com ambições reais
Treinamento Vocacional	Programas de educação e treinamento
	Suporte técnico

FONTE: Adaptado de CAGNO et al., 2015.

## 2.3 MODELOS DE SGE PARA A INDÚSTRIA

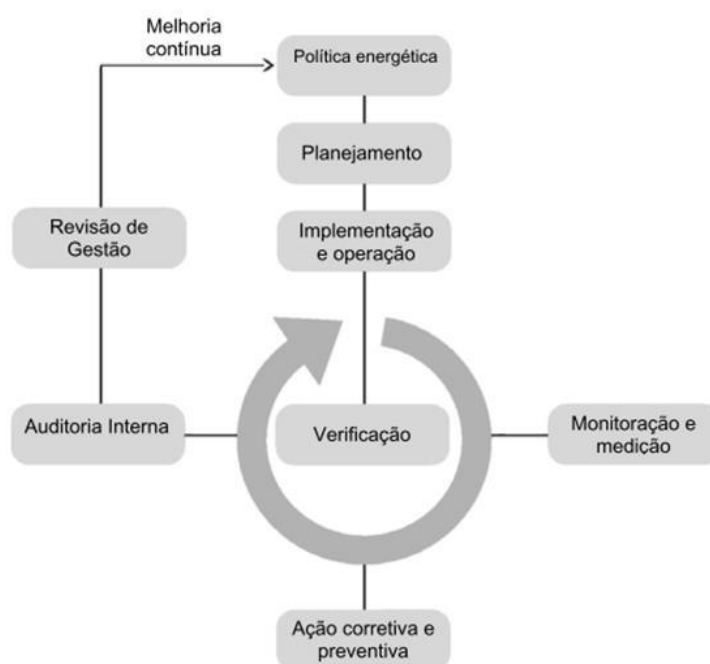
Os meios de implantação da eficiência energética podem variar muito em termos de práticas e tecnologia. As organizações muitas vezes utilizam práticas de economia de energia com base na experiência do gerente da unidade e/ou dos colaboradores. (ANTUNES; CARREIRA; SILVA, 2014).

De acordo com Jovanović e Filipović (2016), diferentes padrões (normas e diretrizes) direcionam as organizações a melhorias em eficiência energética. Antunes, Carreira e Silva (2014) e Gopalakrishnan et al. (2014) mencionam padrões globais como a IS393, ANSI/MSE 2000, DIN EN 16001 e a mais recente ISO 50001.

Frozza et al. (2012) descreve que a ISO 50001 é baseada no modelo PDCA – *Plan/Do/Check/Act* (FIGURA 4). Essa norma é estruturada com base em política energética, planejamento da melhoria, implantação e operação, verificação e análise

crítica da respectiva melhoria pela direção onde implantada. Na fase verificação, sugere-se um sistema de monitoramento ou medição e análises dos dados. Em caso de não conformidade com os dados, recomenda-se ação corretiva e preventiva e reinício do ciclo com a auditoria energética. Além disso, Sola e Mota (2015) complementam que a organização deve assegurar às pessoas competência, treinamento e conscientização sobre o uso de energia, bem como desenvolver e manter um perfil de energia que deve ser documentado.

FIGURA 4 – MODELO DE SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA ISO 50001



FONTE: ABNT (2011).

Apesar de a ISO 50001 apresentar um modelo de SGE, Chiu, Lo e Tsai (2012) relatam que as organizações podem encontrar barreiras ao implantar o sistema de gestão de energia, como: integrar tecnologias, definições de indicadores, medidas de eficiência ou mesmo a certificação. Segundo Dörr, Wahren e Bauernhansl (2013), a descrição abstrata deixa espaço para diferentes interpretações e isso, frequentemente, leva à desorientação, que, por vezes, é motivo da implantação do SGE falhar. Antunes, Carreira e Silva (2014) afirmam que a norma não fornece diretrizes de planejamento para sua implantação de maneira incremental ao longo de um roteiro ou metodologia.

Com o intuito de suprir as lacunas da ISO 50001, muitos autores propõem métodos baseados na maturidade à norma. Outros autores, não necessariamente,



baseiam-se no PDCA, mas consideram características das barreiras e melhores práticas para seu propósito.

Com base na pesquisa sistemática apresentada no item 2, verificaram-se dezoito propostas de métodos de implantação do SGE. A fim de sistematizar a escolha do método a ser empregado nesse projeto, utilizou-se de quatro critérios apresentadas no QUADRO 5. Os critérios foram estabelecidos com a seguinte ordem de importância: “descrição das melhores práticas”, “método de pesquisa”, “atualidade” e “citações dos autores”.

O primeiro critério “descrição das melhores práticas”, verifica, qualitativamente, o maior número de evidências sobre recomendações que geram bons resultados. O segundo refere-se ao “método de pesquisa”: quanto maior abrangência da revisão bibliográfica, melhor. O terceiro critério é a “atualidade”, quanto mais recente o trabalho, melhor. E por último é a soma das citações dos autores na base Scopus.

QUADRO 5 – MÉTODOS DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA

<b>MÉTODO</b>	<b>Periódico</b>	<b>Descrição e evidências de melhores Prática (Alto-Médio-Baixo)</b>	<b>Método de Pesquisa</b>	<b>Soma das citações dos autores (Scopus 29/10/2016)</b>	<b>Relacionado à ISO 50001</b>
ISO 50001 (2011)	Não aplicável	BAIXO	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Godoi (2011)	Não aplicável	BAIXO	Revisão da literatura	0	NÃO
Sobrinho (2011)	Não aplicável	BAIXO	Revisão da literatura e estudo de caso	0	NÃO
Frozza et al. (2012)	Congresso Nacional de Excelência em Gestão	BAIXO	Revisão da literatura e estudo de caso	15	SIM
Chiu, Lo e Tsai (2012)	Energies	MÉDIO	Revisão da literatura e estudo de caso	5508	SIM
Ates, Durakbasa (2012)	Energy	MÉDIO	Revisão da literatura	84	SIM
Antunes, Carreira e Silva (2014)	Energy Policy	MÉDIO	Revisão da literatura	70	SIM

Gopalakrishnan et al. (2014)	Sustainable Energy Technologies and Assessments	MÉDIO	Revisão da literatura	238	SIM
Dörr, Wahren e Bauernhansl (2013)	Procedia CIRP	MÉDIO	Revisão da literatura	116	NÃO
Chai; Yeo (2012)	Energy Police	MÉDIO	Revisão da literatura, entrevistas e um estudo de caso	555	NÃO
Javied, Rackow e Franke (2015)	Procedia CIRP	MÉDIO	Revisão da literatura	227	NÃO
Thiede, Posset e Hermann (2013)	CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology	MÉDIO	Revisão da literatura e estudo de caso	492	SIM
Vikhorev, Greenough e Brown, (2013)	Journal of Cleaner Production	MÉDIO	Pesquisa-ação e estudo de caso	1032	NÃO
Giacone; Mancò (2012)	Energy	MÉDIO	Múltiplo Estudo de caso	358	NÃO
<b>Ngai et al. (2013)</b>	<b>Int. J. Production Economics</b>	<b>ALTO</b>	<b>Revisão da literatura e estudo de caso</b>	<b>7443</b>	<b>SIM</b>
<b>Introna et al. (2014)</b>	<b>Journal of Cleaner Production</b>	<b>ALTO</b>	<b>Revisão da literatura e estudo de caso</b>	<b>214</b>	<b>SIM</b>
<b>Jovanović; Filipović (2016)</b>	<b>Journal of Cleaner Production</b>	<b>ALTO</b>	<b>Revisão da literatura e survey</b>	<b>47</b>	<b>SIM</b>
<b>Schulze et al. (2016)</b>	<b>Journal of Cleaner Production</b>	<b>ALTO</b>	<b>Revisão sistemática da literatura</b>	<b>1113</b>	<b>NÃO</b>

FONTE: O autor (2016).

Os estudos de Ngai et al. (2013) e Introna et al. (2014) apresentam evidências de melhores práticas e foram estruturados na maturidade da norma ISO 50001, utilizam a revisão bibliográfica e o estudo de caso para evidenciar os resultados. A pesquisa de Jovanović e Filipović (2016) mostra-se mais abrangente em comparação com as anteriores, utilizou a revisão bibliográfica e *survey*, refere-se à maturidade a norma e, inclusive, utiliza como base Ngai et al. (2013) e Introna et al. (2014).

No entanto, a pesquisa de Schulze et al. (2016) destaca-se, principalmente, pela rigorosa revisão bibliográfica de 1979 a 2014, dentre as pesquisas, esta foi identificada a mais abrangente. Diferencia-se pelo alto número de descrição das

melhores práticas para cada elemento identificado e pela atualidade. O método foi estruturado com base nas evidências da literatura que geraram melhores resultados. Além disso, os autores apresentam centenas de citações em pesquisa na área de energia. Assim, conforme os critérios de seleção acima expostos, o método proposto por Schulze et al. (2016) foi o selecionado para esta pesquisa.

### 2.3.1 Método conceitual e integrador (MCI)

O método proposto por Schulze et al. (2016) é nomeado nesse presente trabalho de Método Conceitual e Integrador (MCI) do SGE e tem como objetivo principal estruturar um conceito de implantação da gestão de energia na indústria. O MCI teve como metodologia a revisão sistemática da literatura ao longo de 35 anos, sendo que as bases retornaram 931 artigos, após análise dos autores foram selecionados os 44 principais artigos de revistas científicas.

Os autores categorizam cinco elementos-chave essenciais de um SGE baseados em estudos com evidências reais de melhores práticas:

1. Estratégia/planejamento,
2. Implantação/operação,
3. Controle,
4. Organização e
5. Cultura.

Para a estratégia, a alta direção deve ser o principal motivador e patrocinador confiável de uma cultura de energia em toda a empresa. A cultura de energia inclui o envolvimento da direção no processo de decisão, recompensa e compensação em nível individual e em grupo relacionados ao custo, consumo e investimentos de energia. Além disso, abrange treinamento, formação e procedimentos.

O elemento implantação tem foco no nível operacional de um SGE. Com base na estratégia desenvolvida, diferentes medidas de natureza técnica, organizacional ou de gestão devem ser implantadas. Esse elemento, também, inclui decisões operacionais sobre a aquisição, utilização e disponibilização de recursos, especialmente quanto aos investimentos financeiros e aprovações de períodos de *payback*. A auditoria energética e revisão da política energética precisam ser,

continuamente, conduzidas para gerar ações que reduzam o custo e consumo de energia.

O controle assegura a constante coleta dos dados relacionados com a energia, incluindo aspectos financeiros e não financeiros. Sugere-se um sistema de informatizado para monitorar as informações de consumo. Para isto, esse passo utiliza indicadores de desempenho que auxiliam a medir e avaliar os efeitos das ações de eficiência energética implantadas. O *benchmark* interno e externo à organização ajuda a sugerir novas medidas ou ações corretivas. Apresentar, periodicamente, o uso de energia e os custos relacionados para a gerência/diretoria faz o ciclo perenizar.

O elemento organizacional do SGE compreende dois aspectos principais: estrutura de governança da organização e política energética. A estrutura de governança visa definir as linhas formais de autoridade e responsabilidade. O uso de políticas e procedimentos consiste em abordar todos os aspectos da cadeia de valor de energia corporativa em matéria de contratos, conversão, distribuição e utilização.

Para implantar e perenizar o SGE na indústria, os autores estruturaram os elementos-chave do MCI em uma sequência. A FIGURA 5 apresenta esses passos, mas foi adaptada da imagem original para se adequar a descrição textual dos autores.

O ponto de partida do MCI é a decisão da alta direção de implantação, é um dos principais fatores para o sucesso da implantação. Após isso, sugere-se a definição da equipe de energia ou comitê. Fazem parte dessa equipe membros multidisciplinares que têm como líder um gerente de energia, que, por sua vez, deve reportar-se, diretamente, para direção da organização.

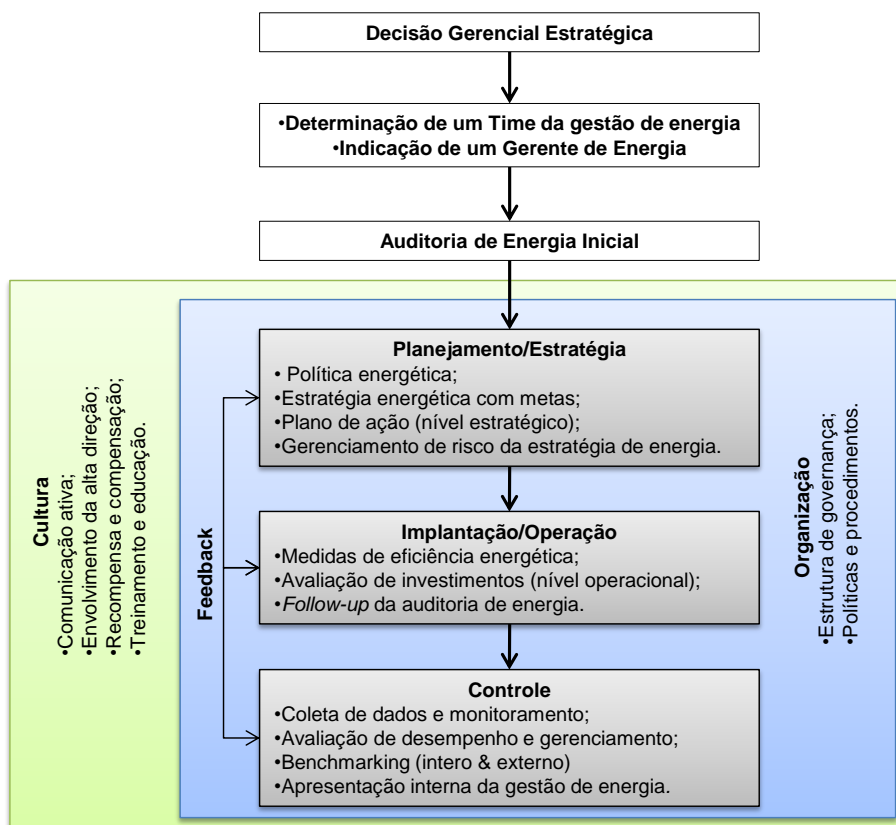
No passo seguinte realiza-se uma auditoria energética para entendimento do consumo de energia da empresa. Essa auditoria constitui um procedimento formal, sistemático que analisa os fluxos de energia e consumos, assim quantificando, analisando e identificando ações para aumentar a eficiência energética.

Partindo dos resultados da auditoria energética inicial, o time de gestão de energia deve desenvolver uma política estratégica de energia. Esses documentos devem ser interligados com a estratégia corporativa geral, ou seja, como a gestão da energia contribui para o objetivo global da empresa.

Dentro do processo de planejamento corporativo, os objetivos relacionados com a energia devem partir da perspectiva global da empresa, assim, desdobrando-se para as áreas de negócios, funcionais, nível de fábrica e utilidades. A definição das

metas específicas de energia deve ser oriunda do planejamento das ações em um nível estratégico, devendo resultar em medidas específicas de curto e longo prazo.

FIGURA 5 – MÉTODO CONCEITUAL E INTEGRADOR (MCI) DE SCHULZE ET. AL. (2016)



FONTE: Adaptado de Schulze et al., 2016.

O MCI apresenta uma abordagem abrangente e sistematizada teórica da implantação de um SGE. No entanto, o estudo sugere futuras pesquisas baseadas no seu estudo a fim de validar o resultado e complementar a literatura, sendo a avaliação um dos objetivos desta pesquisa.

## 2.4 ESTRATÉGIA DA ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

Para a redução do consumo de energia é de fundamental importância que esse tópico seja um dos objetivos na organização para alcançar excelentes resultados, e, por esse motivo, requer a participação de todos os seus membros. Em organizações maiores, é desejável ter uma equipe de gestão de energia, não necessariamente, dedicados para apoiar e divulgar melhores práticas de energia em toda a organização. O trabalho da equipe deve ser coordenado por uma pessoa

responsável pela gestão de energia que tem as habilidades necessárias e a devida autoridade. (INTRONA et al., 2014).

No estudo de Martin et al. (2012), por meio de entrevistas com gestores de 190 fábricas no Reino Unido e a respectiva combinação das respostas com os dados das empresas, os autores observaram uma forte ligação empírica entre boas práticas de gestão e a estrutura organizacional. As empresas são mais propensas a adotar tais práticas se é atribuída a responsabilidade do SGE para um gestor ambiental ou de energia. No entanto, se esse gerente de energia está numa posição hierárquica próxima à presidência as implantações de ações de eficiência energética são menos prováveis, pois a falta de tempo e outras prioridades podem deixar o assunto gestão de energia em segundo plano. Dessa forma, o estudo conclui que a posição de um gerente de meio ambiente ou energia é de grande importância.

Blass et al. (2014), numa investigação em 752 empresas nos EUA, evidencia que, quando gerentes são responsáveis (metas) pelo SGE, a implantação de medidas de economia de energia aumenta em média 13,4%. Além disso, aumenta a probabilidade de 31% para 44% de que haja adoção de medidas relacionadas com o processo e troca de equipamentos.

Ates e Durakbasa (2012) acrescenta que uma das principais tarefas de um gestor de energia deve ser o desenvolvimento de uma estrutura organizacional bem constituída. Dentre outras funções, destacam-se:

- Criação de uma política energética e registros de energia;
- Identificação de fontes de assistência e de financiamento externo;
- Estimativa das necessidades energéticas do futuro;
- Criação e implantação das medidas de eficiência energética;
- Reportar ações e andamento das atividades ao comitê de energia;
- Preparação de estratégias de comunicação;
- Avaliação da eficácia do programa.

Para superar barreiras de implantação e perenizar a SGE na indústria, é de suma importância uma estratégia organizacional adequada. (BLASS et al. (2014).

## 2.5 AUDITORIA ENERGÉTICA

A auditoria energética consiste em uma análise sistemática dos fluxos de energia em um sistema particular, visando discriminar as perdas e orientar um programa de uso racional de insumos energéticos. (VIANA et al., 2012; PARESHKUMAR; PURNANAD, 2014).

O centro de gerenciamento europeu CEN e CENELEC (2012) por meio da norma DIN EN 16247-1:2012, afirma que uma auditoria energética é um passo importante para uma organização, independentemente da sua dimensão ou tipo, e objetiva melhorar a sua eficiência energética, reduzir o custo de energia e trazer benefícios ambientais relacionados. Fleiter et al. (2012), Fleiter, Schleich e Ravivanpong (2012) e Thollander et al. (2013), por meio de seus estudos, apresentam evidências que a auditoria contribui para superar barreiras quanto aos custos, informação e conhecimento.

Para Abdelaziz, Saidur e Mekhilef (2011), na indústria, para uma análise sistemática dos fluxos de energia, sugere-se quantificar a energia utilizada por setor e por unidade de medidas adequadas, denominadas indicadores de desempenho. A energia consumida pode ser atribuída à unidade de produção fabricada de determinado produto ou o quanto de trabalho que realiza. Henning e Trygg (2007) complementam que, para analisar o consumo de energia de uma indústria, um balanço de energia deve ser desenhado, em que os fluxos de energia são divididos em categorias de processo produtivo e suporte a produção.

De acordo com Batista (2013), para a execução da auditoria energética, é necessário um planejamento compatível com a estrutura gerencial, porte e abrangência. Avella et al. (2006), Abdelaziz, Saidur e Mekhilef (2011), Lopes (2012), CEN e CENELEC (2012) e a norma mais recente ISO 50002:2014 abordam a necessidade de uma metodologia de condução da auditoria, na qual destacam-se três tipos diferentes: auditorias preliminares, auditorias gerais e auditorias detalhadas.

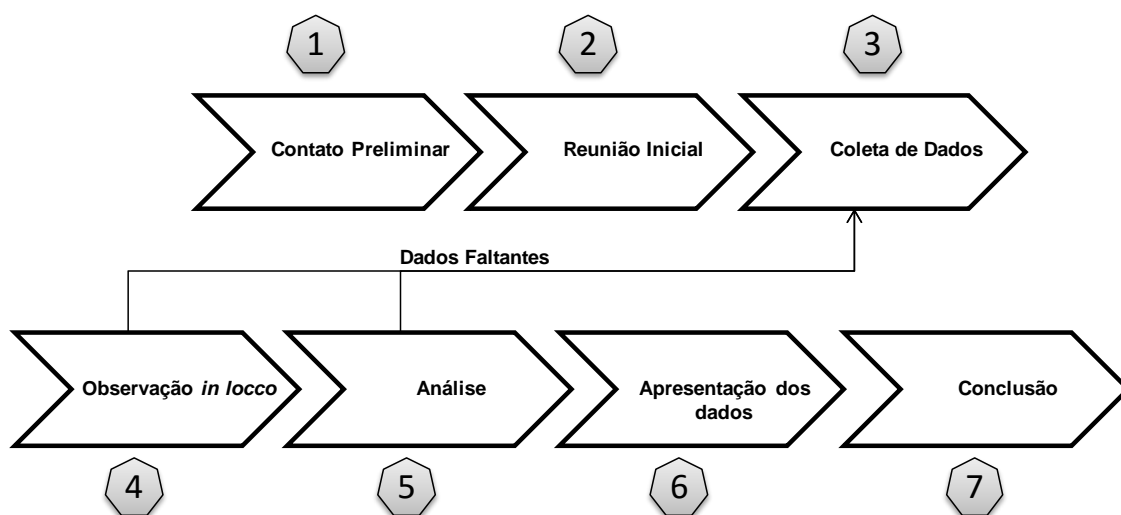
Javied, Rackow e Franke (2015) sistematizaram em sete passos o planejamento da auditoria energética (FIGURA 6). Essa sequência é sugerida pela norma DIN EN 16247-1:2011 e, similarmente, na ISO 50002:2014.

A auditoria preliminar (também chamada de auditoria simples ou auditoria de “passeio”) é o tipo mais simples e rápido de auditoria. Esse tipo envolve entrevistas mínimas com o pessoal do local, uma breve revisão de faturas de serviços públicos,

instalações e outros dados operacionais, complementado por um “passeio” dentro da instalação. Essa ação pode gerar planos de ação de fácil implantação.

A auditoria geral, realizada após a auditoria preliminar, baseia-se na coleta de informações mais detalhadas sobre o funcionamento da instalação, por exemplo, por medições de consumo de energia específicos (equipamentos) ou sistemas (processos). Por último, mas não menos importante, a auditoria detalhada, que complementa a auditoria geral e fornece um modelo dinâmico de características de consumo de energia da instalação existente, permitindo, por exemplo, a identificação de variações do perfil de carga baseado no tempo (em curto e longo prazo).

FIGURA 6 – PROCESSO DE AUDITORIA DE ACORDO COM DIN EN16247-1



FONTE: Adaptado de Javied, Rackow e Franke, 2015.

Nesse sentido, as auditorias energéticas constituem um instrumento essencial de diagnóstico, e, assim, uma ferramenta importante para se obter as informações requeridas para a formulação e acompanhamento do SGE. (VIANA et al., 2012; BATISTA, 2013).

## 2.6 INDICADORES DE DESEMPENHO

Para Vikhorev, Greenough e Brown (2013), o monitoramento e avaliação dos consumos de energia elétrica consiste em um dos meios de se obter, ciclicamente, oportunidades de eficiência energética. O monitoramento é realizado com base em



um conjunto de indicadores de desempenho utilizado nos processos empregados e fluxos de energia.

Os indicadores de desempenho devem ser adequados à estrutura e ao sistema de tomada de decisão da organização. Os indicadores se diferem de acordo com diferentes níveis da organização, para níveis hierárquicos mais elevados, a maioria dos indicadores são definidos em termos financeiros, para gerentes de nível mais baixo, por outro lado, são, normalmente, avaliados em termos de informação de operação, quantificada de forma a alcançar decisões imediatas. (VIRTANEN; TUOMAALA; PENTTI, 2013).

Morales (2007) classifica os indicadores de eficiência energética em dois grandes grupos, indicadores globais e específicos. Inclusive, indicadores financeiros podem ser associados a esses grupos. Assim, os indicadores coerentes aos fluxos de consumo e a estrutura organizacional facilitam o monitoramento e avaliação.

### 2.6.1 Indicadores globais

Entre os indicadores considerados globais e os que apresentam maior utilização, destacam-se o consumo específico de energia, fator de potência, fator de carga e o custo médio da energia. (MORALES, 2007; VIANA *et al.*, 2012; BATISTA, 2013).

O Fator de Carga  $f_c$ , obtido por meio das faturas de energia ou medições paralelas, é um dos indicadores mais importantes de eficiência, pois mostra como a energia está sendo utilizada ao longo do tempo, conforme a equação (1):

$$f_c = \frac{D_{med}}{D_{máx}} = \frac{C}{h \cdot D_{máx}} \quad (1)$$

Sendo  $f_c$  o fator de carga do mês na ponta e/ou fora de ponta;  $D_{med}$  a demanda média no mês na ponta e/ou fora de ponta (kW);  $C$  o consumo de energia (kWh) no mês na ponta e fora de ponta;  $h$  o número médio de horas no mês, sendo, geralmente, 66 horas para a ponta, 664 horas para o período fora de ponta e 730 no total; e  $D_{máx}$  a demanda de potência registrada máxima no mês na ponta e fora de ponta (kW).

Um fator de carga próximo a 1 indica que a energia elétrica foi utilizada uniformemente ao longo do tempo. Por outro lado, um fator de carga baixo indica que houve concentração de consumo de energia elétrica em curto período de tempo, determinando uma demanda elevada. Dessa forma, quanto maior for o fator de carga, menor a demanda máxima registrada e menor será o custo do kWh, considerando um consumo constante.

O fator de potência de uma unidade ou instalação deve ser considerado como um indicador energético importante, pois pode auxiliar na avaliação do dimensionamento dos equipamentos alimentadores, do ponto de vista de sobrecarga. A verificação de valores abaixo do mínimo especificado em norma, acarreta em penalidades aplicadas pela concessionária de energia.

A resolução da ANEEL n° 414 fixa o limite mínimo permitido do fator de potência de referência, indutivo ou capacitivo, em 0,92 para as instalações elétricas das unidades consumidoras. O excedente de reativo indutivo ou capacitivo, que ocorre quando o fator de potência indutivo ou capacitivo é inferior ao fator de potência de referência, 0,92, é cobrado utilizando-se as tarifas de fornecimento de energia ativa.

Para o consumo específico de energia, a análise do consumo de energia (kWh) ou da carga instalada (kW) em relação ao produto gerado, serviço prestado ou área ocupada, produz indicadores de desempenho passíveis de comparação a padrões estabelecidos no país e no exterior. Pode-se, dessa forma, projetar padrões muito mais eficientes de consumo de energia elétrica, considerando-se a utilização de produtos e processos de melhor desempenho energético. Para o cálculo do consumo específico de energia  $CE$ , faz-se:

$$CE = \frac{Cm}{Q} \quad (2)$$

Sendo  $Cm$  o consumo mensal de energia dado em kWh/mês;  $Q$  a quantidade de produto ou serviço produzido no mês pela unidade consumidora.

O indicador de custo médio de energia ( $CM_e$ ) expressa o valor gasto por kWh nas instalações da empresa e é dado por:

$$CM_e = \frac{F \text{ [R\$]}}{C \text{ [kWh]}} \quad (3)$$

Sendo  $CM_e$  o custo médio da energia elétrica (R\$/kWh),  $F$  o valor total da fatura de energia elétrica (R\$) e  $C$  o consumo de energia (kWh) no mês na ponta e fora de ponta. O custo médio de energia é um indicador importante para tomada de decisões relacionadas a contratação de energia elétrica.

## 2.6.2 Indicadores específicos

Bunse et al. (2011) argumenta que, devido à variedade de processos industriais e diferentes níveis de complexidades, o desenvolvimento de indicadores de desempenho energético adequados, também, depende da finalidade para a qual eles serão aplicados.

O estudo de Vikhorev, Greenough e Brown (2013) alerta que um cuidado especial deve ser tomado na definição de qualquer conjunto de indicadores de desempenho. Um sistema de indicadores deve ser completo sobre todos os objetivos organizacionais importantes e relevantes, e, obviamente, todos os aspectos de desempenho que estão incluídos devem ser quantificáveis, de modo a serem mensuráveis. No entanto, o sistema indicador tem de ser flexível para adaptá-la às mudanças das condições ambientais ou de outros campos de aplicação.

Javied, Rackow e Franke (2015) expõem a existência de uma vasta gama de indicadores apresentados na literatura, porém os autores selecionam alguns indicadores que podem ajudar a estabelecer metas e comparações (TABELA 1).

TABELA 1 – LISTA DE INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Indicadores	Fórmula	continua
		Unidade
Contribuição para cada consumidor de energia	$\frac{\text{Consumidor de energia}}{\text{Energia Total}}$	%
Eficiência na transformação de energia interna	$\frac{\text{Saída}}{\text{Entrada}}$	%
Emissão de CO <sub>2</sub>	$\frac{\text{Toneladas}}{\text{Ano}}$	$\frac{t}{\text{Ano}}$
Rateio dos custos de energia em receitas	$\frac{\text{Custo de energia específico}}{\text{Receita por produto}}$	%
Consumo específico de energia por funcionários	$\frac{\text{Consumo total de energia}}{\text{Número de Funcionários}}$	%

Indicadores	Fórmula	Unidade
Consumo de energia por área específica	$\frac{\text{Consumo total de energia}}{\text{Área de utilização}}$	$\frac{KWh}{m^2}$
Consumo de energia por quantidade de produção específica	$\frac{\text{Consumo total de energia}}{\text{Entrada ou Saída}}$	$\frac{KWh}{t}$
Consumo de energia por valor específico	$\frac{\text{Consumo total de energia}}{\text{Receita líquida}}$	$\frac{J}{R\$}$
Custo da energia consumida pelo total de quantidade de produção	$\frac{\text{Consumo total de energia}}{\text{Montante de produção}}$	$\frac{R\$}{t}$
Intensidade de energia do processo ou produto	$\frac{\text{Consumo de energia do processo}}{\text{Consumo total de energia}}$	%

FONTE: Adaptado de Javied, Rackow e Franke, 2015.

May et al. (2015), com o objetivo de definir com maior precisão quais devem ser os indicadores mais apropriados, apresentam, em seu estudo, uma metodologia em sete passos. Como resultado da aplicação da sua proposta, os indicadores permitem a interpretação das relações causa e efeito, apoiando as empresas no seu processo de tomada de decisões em nível de operação.

## 2.7 MONITORAMENTO E CONTROLE

O monitoramento fornece dados que podem ser utilizados para diagnosticar tendências de consumo de energia, direcionar responsabilidades da utilização e monitorar a eficácia dos planos de ação. Isso facilita a melhoria contínua relacionada com a energia em uma fábrica. No entanto, o monitoramento deve ser baseado em indicadores de eficiência adequados. (MAY et al., 2015).

De acordo com ABNT (2011), os dados devem ser analisados em intervalos planejados. Para tal, um plano de medição de energia apropriado à dimensão e complexidade da organização e aos seus equipamentos de monitoramento e medição deve ser definido e implantado.

De acordo com O'rielly e Jeswiet (2015), uma das maiores lacunas no controle de consumo existente é a necessidade de equipamentos de monitoramento que constituem a espinha dorsal de muitas das operações do dia a dia.

Para Bunse et al. (2011), o papel das tecnologias de informação e comunicação como facilitadoras para o monitoramento eficiente de energia se destaca. Essas tecnologias podem apoiar, eficazmente, o controle dos processos de produção, bem como a avaliação dos potenciais investimentos de economia de energia. Schulze et al. (2016) enfatizam que um sistema de monitoramento, por meio de uma medição segmentada em nível de utilidades, pode ser utilizado para um rateio de custos de energia adequada. Inclusive, sistemas que se mostram com mais clareza facilitam a definição de metas.

Para definição da condição futura que são as metas, o *benchmarking* se mostra como uma ferramenta muito utilizada, porém, limitada. No entanto, essa ferramenta pode ajudar por meio da comparação de resultados anteriores ou equipamentos e indústrias similares. (BUNSE et al., 2011; ATES; DURAKBASA, 2012; GIACONE; MANCÒ, 2012; INTRONA et al., 2014).

O estudo Vikhorev, Greenough e Brown (2013) apresenta diferentes sistemas de gerenciamento de energia. Inclusive, propõem uma metodologia quanto à definição e à implantação do sistema de monitoramento e controle voltado para a indústria. Essa metodologia pode complementar a implantação de um SGE.

O monitoramento e o controle, aliados a medidas constantes de redução de consumo de energia, são de extrema importância tanto para as empresas atuais quanto às futuras, pois ajudam a melhorar a eficiência energética na produção. (MAY et al., 2015).

## 2.8 POLÍTICA ENERGÉTICA

ABNT (2011), por meio da norma ISO 50001:2011, define a política energética como uma declaração da organização sobre suas intenções e diretrizes gerais relacionadas com seu desempenho energético e formalmente expressas pela alta direção. Essa formalização oferece uma estrutura para ações e para o desenvolvimento de objetivos e metas energéticas. Schulze et al. (2016) complementam a inclusão de uma abordagem sistemática da gestão de riscos quanto ao consumo, no qual minimizaria a exposição de impactos financeiros gerados pela ineficiência da gestão de energia.

Os trabalhos de Ates e Durakbasa (2012) e Thollander et al. (2013), baseados em estudos de caso, reforçam que ter uma estratégia energética em longo prazo é

crucial para efetivar medidas de eficiência energética, apesar de a ISO 50001 apresentar diretrizes para a implantação da política. Trust (2011) detalha, por meio do guia “Carbon Trust”, que uma política eficaz deve ser diretamente relevante para a organização e adequada à sua natureza e dimensão e incluir os seguintes elementos:

- Uma relação à visão corporativa e missão, além de outras políticas ambientais específicas;
- Uma expressão clara da visão da organização de energia/carbono e aspirações, com objetivos específicos, por exemplo, para ir além das exigências legais básicas; metas quantitativas ou o compromisso de desenvolver e adotar tais metas; a adoção de compromissos públicos qualitativos ou esquemas de reconhecimento/acreditação externos;
- Um compromisso de desenvolver e manter uma estratégia energética atualizada e garantir a integração da gestão de energia, em toda a tomada de decisões relevantes;
- Um compromisso para assegurar que os recursos suficientes no local para cumprir os objetivos de política;
- Um compromisso com a satisfação das necessidades de formação e desenvolvimento de pessoal de gestão de energia e aumento da sensibilização de energia de todo o pessoal;
- Um compromisso com a revisão regular e formal. A boa prática seria rever a política anualmente, embora isso não signifique a exigência de ser elaborada anualmente.

Uma política energética deve ser curta e sucinta (certamente não mais de duas páginas), assinada pelo chefe do executivo (ou equivalente) e ser um documento público.

Rietbergen e Block (2010) enfatizam que a definição das metas é essencial para o SGE. Os autores apresentam uma taxonomia de metas para uso de energia industrial e defendem a utilização da metodologia SMART dentro do planejamento energético. Essa metodologia defende que as metas devem ser específicas, mensuráveis, alcançáveis, realistas e temporais. (RIETBERGEN; BLOK, 2010).

## 2.9 AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A avaliação dos investimentos em eficiência energética é o foco de pesquisadores tanto da área de engenharia quanto da área financeira, inclusive de organizações privadas e governamentais que tem isto como objetivo. A avaliação financeira faz parte da política energética. Diferentes métodos de avaliação têm o intuito de auxiliar os tomadores de decisões. (ARAGÓN, 2011).

De acordo com Martin et al. (2012) e Trianni, Cagno e Donatis (2014), investimentos em eficiência energética, na sua maioria, têm razões predominantemente financeiras. Aragón, Pamplona e Medina (2013) acrescentam que os critérios de avaliação financeiros comuns são o VPL, TIR e *payback*. Apesar de o *payback* ser um dos critérios mais utilizados, não é o mais conveniente.

Segundo Brunke, Johansson e Thollander (2014), riscos técnicos são fortes barreiras de investimento seguido por análises econômicas, porém, a falta de conhecimento técnico demonstra ser a maior limitação. No entanto, Aragón, Pamplona e Medina (2013) defendem em seu estudo que a metodologia *Energy Budgets at Risk* (EBaR®) pode permitir aos tomadores de decisões uma visão mais abrangente e precisa sobre o risco dos investimentos em eficiência energética. A EBaR® é uma ferramenta de análise de risco para análise de investimento, através da simulação em um software chamado Crystal Ball®<sup>1</sup>.

Muitos benefícios não energéticos podem ser aproveitados, estes, principalmente, relacionados com a manutenção e com o ambiente de trabalho. Apesar do alto nível de consciência dos benefícios não energéticos, eles, raramente, são incluídos nos cálculos de investimento e há uma falta de conhecimento sobre como quantificá-los e monetizá-los. Sugestões de itens (TABELA 2) podem ser incluídos para avaliação. (NEHLER; RASMUSSEN, 2015).

Filho e Costa (2010) apresentam que diferentes metodologias de decisão multicritério poderiam ser utilizadas na indústria. De acordo com Sola (2011), modelos de decisão multicritério para substituição de tecnologias podem contribuir para a transposição de barreiras organizacionais. O estudo de Sola e Mota (2015) acrescenta que os métodos PROMETHEE II, F-PROMETHEE, Zero-One-Goal Programming e

---

<sup>1</sup> O Crystal Ball® é um software desenvolvido pela Oracle Corporation, utilizado para modelagem de precisões, simulações e otimizações.

MAUT (*Multi Attribute Utility Theory*), com critérios econômicos, financeiros, técnicos e outros podem ser uma alternativa.

TABELA 2 – SUGESTÕES DE INDICADORES DE MEDIDAS NÃO ENERGÉTICOS

Tipo dos benefícios	Medido / Monetizado por
Aumento de produção/Produtividade	Indicador: kWh/t da unidade de produção fabricada
Menores interrupções de produção	Conhecimento do custo das interrupções de produção, custo de referência
Ciclo de vida do equipamento aumentada	Redução da necessidade de mão de obra devido a redução da necessidade de manutenção, menor demanda de eletricidade
Melhoria da qualidade do produto	Redução do custo de matéria prima devido à redução de peças defeituosas, redução de reclamações de clientes
Redução de resíduos perigosos	Eliminação de custos
Redução de desperdícios	Eliminação de custos, redução da necessidade de resfriamento de água, fechamento de aterro
Redução de manutenção	Custos de manutenção
Uso do desperdício de calor/combustível/gás	Possibilidade de rastrear através de medições, redução da necessidade de custos
Melhoria da qualidade de vida do colaborador	Menor absenteísmo, aumento de produtividade, indicador - homem-hora/unidade produzida
Segurança	Menor absenteísmo, redução de custos de reabilitação
Redução de custos de matéria prima	Menos utilização de matéria prima, redução de refugo
Redução de necessidades de refrigeração	Conhecimento dos custos de refrigeração da água, menor refrigeração de água
Redução de emissões	Preço de acordos de emissões, redução de custos de substituição de filtros
Redução do ruído	Redução de custos e silenciadores e enclausuramento de ruídos
Redução de necessidade de mão de obra	Redução de custos de mão de obra
Melhoria da qualidade do ar	Menores falhas de produção, melhoria da qualidade
Melhoria do controle de temperatura	Melhoria da qualidade, melhoria da produtividade
Melhoria da iluminação	Custos de trocas e manutenção

FONTE: Adaptado de Nehler e Rasmussen, 2015.

Filho e Costa (2010) reconhecem os benefícios da análise multicritério. Porém, enfatizam uma forte dependência do comprometimento da alta gerência e dos departamentos das empresas. Além disso, destacam a importância da conscientização dos demais funcionários sobre o benefício da inclusão de novas tecnologias.

Para efetivação dos projetos, considera-se a disponibilidade de recurso financeiro. No cenário brasileiro, uma alternativa para obter capital para investimentos



é o Programa de Eficiência Energética (PEE). O PEE é promovido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que atende a Lei 9.991/00 e são aplicados recursos financeiros em projetos que têm como objetivo a promoção da eficiência energética no uso final da energia elétrica. (ANEEL, 2016).

O PEE é executado, anualmente, pelas distribuidoras de energia em atendimento à cláusula do Contrato de Concessão de Distribuição de Energia Elétrica. Os critérios para aplicação dos recursos e procedimentos necessários para apresentação do Programa à ANEEL estão estabelecidos nos Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE), aprovado pela Resolução Normativa Nº 556/2013. (COPEL, 2016).

Outra alternativa aplicada ao Brasil seria obter recursos juntamente ao Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDS). O BNDS possui uma linha de crédito em Eficiência Energética (FINEM) que promove investimentos focados na redução do consumo ou no aumento da eficiência energética. (BNDS, 2016).

Para os tomadores de decisão em investir em eficiência energética, faz-se necessária a análise do cenário econômico em que a organização se encontra. A viabilidade deve ser criteriosa e analisada em diversas óticas, inclusive, a forma de captar recursos financeiros.

## 2.10 MEDIDAS DE REDUÇÃO DO FATURAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

Para Batista (2013), planos de ações, diretamente ligados ao faturamento (valor pago na fatura de energia elétrica, sem alterar o consumo) de energia elétrica, são medidas relativamente rápidas e de baixo custo, pois estão ligadas à regulação do fornecimento de energia.

Destaca-se a melhoria do fator de carga com a observação do perfil de consumo, deslocamento de carga nos horários que a tarifa é mais onerosa, eficiência contratual e o crédito de impostos. Viana et al. (2012) incluem o tipo fornecimento mais econômico dentre essas medidas.

### 2.10.1 Sistemas de fornecimento de energia elétrica

De acordo com Viana et al. (2012), no Brasil existem dois ambientes de contratação de energia, o ambiente de contratação regulado (CATIVO) e o ambiente

de contratação livre (LIVRE). No LIVRE a contratação é formalizada por meio de contratos bilaterais regulados, denominados contratos de comercialização de energia elétrica no ambiente regulado, celebrados entre agentes vendedores (comercializadores, geradores, produtores independentes ou autoprodutores) e compradores (distribuidores) que participam dos leilões de compra e venda de energia elétrica. Frozza et al. (2012) ressaltam que uma ação seria a verificação da melhor opção entre LIVRE ou CATIVO. Além disso, uma alternativa pode ser a geração distribuída.

#### 2.10.1.1 Mercado cativo

A tarifação de energia elétrica que os consumidores estão sujeitos depende, principalmente, do nível de tensão a que estiverem conectados. No setor elétrico brasileiro, é considerado consumidor de Baixa Tensão (BT) aquele que está em tensão nominal igual ou inferior a 1 kV; Média Tensão (MT) conectado à tensão nominal superior a 1 kV e inferior a 69 kV; Alta Tensão (AT) aquele em tensão nominal superior a 69 kV e inferior a 230 kV, ou instalações com tensão nominal igual ou superior a esta quando, especificamente, definidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Além da variação por grupo, o preço da energia pode variar por estado, conforme as taxas de impostos e entre as concessionárias. (BARROS, 2011; VIANA et al., 2012; BATISTA, 2013).

Na BT, os clientes estão sujeitos às tarifas do grupo B. Neste existem subgrupos que variam de acordo com as classes:

- Subgrupo B1: residencial e residencial baixa renda;
- Subgrupo B2: rural, cooperativa de eletrificação rural e irrigação;
- Subgrupo B3: demais classes;
- Subgrupo B4: iluminação pública.

Na MT e AT, a tarifa aplicada não é monômnia, como na baixa tensão, ela possui incidência binomial. Fatura-se o consumo (kWh) registrado e, também, a demanda (kW) contratada ou a medida (a que for maior), representando a cobrança por utilização da infraestrutura do setor elétrico. Nesse nível de tensão, os clientes estão sujeitos às tarifas do grupo A. Nesse caso, os subgrupos não dependem das classes e sim do nível de tensão:

- Subgrupo A1: 230 kV ou mais;
- Subgrupo A2: 88 kV a 138 kV;
- Subgrupo A3: 69 kV;
- Subgrupo A3a: 30 kV a 44 kV;
- Subgrupo A4: 2,3 kV a 25 kV;
- Subgrupo A5: tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição.

Para cada subgrupo, é estabelecido um grupo de tarifas. Os clientes de média e alta tensão possuem mais opções de tarifas. Na modalidade convencional, as tarifas independem dos horários de ponta e fora de ponta, o horário de ponta é composto pelo período das 19 às 22 h em que a energia é mais onerosa, bem como os períodos seco e úmido. Na modalidade horo-sazonal, existem dois tipos de tarifa: azul e verde (somente para a MT e AT). As tarifas de demanda são diferenciadas conforme os horários no caso da azul, ao passo que as de consumo são diferenciadas conforme os horários e períodos do ano.

Existe, ainda, uma tarifa aplicável sobre a diferença entre a demanda medida e a contratada quando a primeira exceder em 5% a segunda. O valor é três vezes superior ao estabelecido para as tarifas regulares e denomina-se tarifa de ultrapassagem. A estrutura tarifária brasileira segue uma lógica (QUADRO 6).

Segundo, Viana et al. (2012), a otimização tarifária é a escolha da tarifa mais conveniente para a unidade consumidora, considerando-se o seu regime de funcionamento, as características do seu processo de trabalho, bem como a oportunidade/possibilidade de se fazer modulação de carga. A simulação realizada com os dados obtidos nas contas de energia elétrica confirma, ou não, a tarifa utilizada como a mais conveniente e, com os fatores de carga vigentes e a legislação tarifária em vigor, aponta a tarifa que proporciona o menor custo médio.

Não se podem fixar regras definidas para essa escolha, devendo ser desenvolvida uma análise detalhada do uso de energia elétrica, identificando-se as horas do dia de maior consumo e as flutuações de consumo ao longo do ano. A análise tarifária mostra-se como opção de redução do custo médio da energia.

QUADRO 6 – ESTRUTURA TARIFÁRIA BRASILEIRA

Tipo de Tarifa	Valores Faturados		
	Consumo	Demanda	Ultrapassagem de demanda
<b>CONVENCIONAL</b> Aplicada como opção para consumidores com demanda menor que 300 kW. Demanda contratada mínima de 30 kW.	Total registrado X Tarifa única	Maior valor entre: medida ou contratada X Tarifa única	Aplicável quando a demanda medida supera a contratada em 5%
<b>VERDE</b> Aplicada como opção para consumidores de média tensão.	Total registrado no horário fora de ponta X Tarifa horário fora de ponta para períodos seco e úmido + Total registrado no horário de ponta X Tarifa horário de ponta para períodos seco e úmido.	Maior valor entre: medida ou contratada X Tarifa única	
<b>AZUL</b> Aplicada de forma compulsória para clientes com demanda maior ou igual a 300 kW e opcional para aqueles com demanda entre 30 a 299 kW.	Total registrado no horário fora de ponta X Tarifa horário fora de ponta para períodos seco e úmido + Total registrado no horário de ponta X Tarifa horário de ponta para períodos seco e úmido.	Maior valor entre: medida ou contratada no horário fora de ponta X Tarifa horário de ponta + Maior valor entre: medida ou contratada no horário de ponta X Tarifa horário de ponta	

FONTE: Batista (2013).

### 2.10.1.2 Mercado livre

A busca por oportunidades de redução do custo da energia elétrica tem incentivado muitos consumidores a migrar do CATIVO para o LIVRE. A opção de compra pode contemplar o total do consumo de energia ou parte dela, oriunda de comercializadoras ou diretamente de geradoras. (VIANA et al., 2012).

O modelo de tarifação do LIVRE é composto pelas Tarifas para o Uso do Sistema de Transmissão (TUST) e Tarifas para o Uso do Sistema de Distribuição (TUSD). (CLÍMACO, 2012).

O portal Mercado Livre de Energia (2016) descreve que, no LIVRE, a energia contratada pode ser convencional ou incentivada. O Governo, com o intuito de estimular a expansão de geradores de fontes renováveis, denominada energia incentivada, os compradores desse tipo de geradora recebe descontos (de 50%, 80% ou 100%) na tarifa de uso do sistema de distribuição. No entanto, limitados a 30 MW de potência, se destacam os fornecedores como as PCHs (Pequenas Centrais Hidroelétricas), Biomassa, Eólica e Solar. A energia convencional é proveniente dos outros tipos, como usinas térmicas a gás ou grandes hidroelétricas.

Os consumidores são classificados em consumidor especial e consumidor livre. O consumidor especial pode ser a unidade ou conjunto de unidades consumidoras localizadas na mesma área ou de mesmo CNPJ, atendendo a carga maior ou igual a 500 kW (soma das demandas contratadas) e tensão mínima de 2,3 kV. O consumidor especial pode contratar, apenas, energia incentivada.

Para ter a opção de ser consumidor livre, cada unidade consumidora deve apresentar demanda contratada a partir de 3.000 kW e tensão mínima de 69 kV, para data de conexão elétrica anterior a julho/1995, ou 2,3 kV, para ligação após julho/1995. O consumidor livre convencional pode contratar energia convencional ou incentivada.

O LIVRE é gerenciado pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), instituição pública de direito privado e sem fins lucrativos, regulada pela ANEEL. A CCEE é responsável pelo registro, monitoramento e liquidação de todos os contratos e pela medição de toda energia gerada e consumida.

Os Agentes, empresas que atuam no setor de energia elétrica, dividem-se nas categorias de geração, distribuição, comercialização, consumidores livres e especiais, conforme definido na convenção de comercialização. Os associados podem ter participação obrigatória ou facultativa. Todos os consumidores livres e especiais têm participação obrigatória na CCEE. Usinas geradoras com capacidade instalada inferior a 50 MW têm participação facultativa.

O princípio mais importante do LIVRE inclui as diversas opções de fornecedores, tornando a negociação de preços e prazos uma realidade. Contudo, para a mudança de procedimentos e regras ao longo do tempo, como a decisão de migração, é recomendável a acessoria de uma gestão especializada. A consultoria pode ajudar na verificação das vantagens e desvantagens aplicadas a quantidade consumida, demanda, horizonte de contrato e características de consumo. Inclusive, orientar a condução da migração do CATIVO para o LIVRE.

### 2.10.1.3 Geração distribuída

A Geração Distribuída (GD) são tecnologias de geração elétrica localizadas nas proximidades ou na própria planta e são independentes do fornecimento de energia da concessionária. A GD pode englobar equipamentos de gerenciamento para seu funcionamento e o eventual controle de cargas (ligamento/desligamento) para que estas se adaptem à oferta de energia.

A GD inclui: co-geradores, geradores que usam como fonte de energia resíduos combustíveis de processo, geradores de emergência, geradores para operação no horário de ponta, painéis foto-voltaicos e PCHs. (INEE, 2016).

A resolução normativa ANEEL nº 482/2012 permite que o gerador de energia independente possa operar e fornecer o excedente para a rede de distribuição e gerar benefícios financeiros. Os estímulos à GD se justificam pelas vantagens que a modalidade pode proporcionar ao sistema elétrico. Entre eles estão o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a minimização das perdas e a diversificação da matriz energética. (ANEEL, 2016).

### 2.10.2 Aumento do fator de carga

Segundo a resolução a normativa nº 414 de 9 de setembro de 2010 da ANEEL, o fator de carga é definido como sendo a razão entre a demanda média e a demanda máxima da unidade consumidora ocorridas no mesmo intervalo de tempo especificado. Para Batista (2013), a melhoria ou aumento do fator de carga, além de diminuir o preço médio pago pela energia consumida, conduz a um melhor aproveitamento da instalação elétrica e à otimização dos investimentos nela.

O fator de carga da unidade consumidora depende, entre outras coisas, das características dos equipamentos elétricos e do regime de operação destes, que, por sua vez, tem relação com a atividade desenvolvida. A elevação do fator de carga pode ser efetuada com base em dois tipos de alternativas, a funcional e a alternativa operacional.

A primeira visa, especialmente, corrigir desconformidades nas instalações elétricas e no funcionamento dos equipamentos elétricos. Além do ganho econômico,

essa alternativa aumenta a segurança das instalações. As ações técnicas relativas a essa estratégia envolvem:

- Evitar a partida de motores com carga e/ou a partida simultânea;
- Instalar chaves especiais ou *soft-starters* para a partida dos motores, reduzindo a corrente elétrica solicitada;
- Dimensionar corretamente as instalações e equipamentos de proteção;
- Efetuar manutenção preventiva, tanto das instalações quanto dos equipamentos.

A segunda, a ser aplicada após a correção das distorções funcionais e que significa, basicamente, a redução da demanda conservando o mesmo consumo, por meio da reprogramação do funcionamento dos equipamentos de forma que o menor número de máquinas funcione ao mesmo tempo. Uma forma de aplicar essa alternativa é implantar os seguintes procedimentos:

- Fazer um cronograma de utilização dos equipamentos elétricos, anotando a potência e o período de trabalho de cada um (levantamento das cargas e do seu horário de funcionamento);
- Selecionar os equipamentos que possam operar fora do período de demanda máxima, reduzindo assim a demanda medida;
- Reprogramar o período de funcionamento das cargas passíveis de deslocamento.

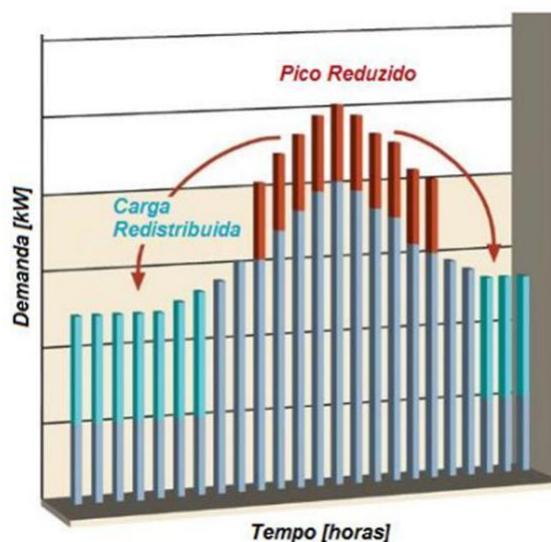
Elevar o fator de carga ao máximo em empresas já existentes ou mesmo mantê-lo, assim, em novas plantas é um grande desafio para os responsáveis pela programação da produção e, na maioria dos casos, existe um limitante superior para a viabilidade econômica dessa prática.

### 2.10.3 Deslocamento de carga do horário de ponta

Fernandez, Li e Sun (2013) e Gong et al. (2014) afirmam que o deslocamento da ponta tem o objetivo de equilibrar o fornecimento de energia no período em que o custo da energia é maior. Essa ação é o gerenciamento da demanda, pois o consumo

na ponta é deslocado para fora dela (FIGURA 7), por meio da reprogramação das cargas ou utilização de armazenadores de energia (baterias, banco de gelo etc.).

FIGURA 7 – DESLOCAMENTO DE CARGA DO HORÁRIO DE PONTA



FONTE: Batista (2013).

Com a redistribuição da carga consumida no horário de ponta, podem haver reduções consideráveis na fatura de energia elétrica. Esse caso se aplica principalmente a consumidores do mercado CATIVO. No mercado LIVRE, o custo da energia é independente do horário, porém o custo da TUST aumenta.

#### 2.10.4 Correção do fator de potência

De acordo com Viana et al. (2012), alguns aparelhos elétricos, como os motores e transformadores, além de consumirem energia ativa, solicitam, também, energia reativa necessária para criar o fluxo magnético que seu funcionamento exige. Com base na relação entre a energia reativa e ativa, determina-se o fator de potência indutivo médio num determinado período. A análise das contas de energia elétrica aponta um fator de potência médio, na ponta e fora de ponta, que comparado aos 0,92, aponta ou não para a necessidade da implantação de medidas corretivas, tais como:

- Instalação de banco de capacitores estáticos ou automáticos;
- Por meio de motores síncronos;
- Aumento do consumo de energia ativa.



Quando o fator de potência é inferior a 0,92, o total desembolsado a título de consumo de excedente reativo se constituirá em potencial de economia que poderá ser obtido por meio das medidas citadas.

#### 2.10.5 Crédito de impostos

Para Batista (2013), partindo-se do princípio constitucional da não cumulatividade de impostos, tem-se a possibilidade de crédito dos impostos incidentes sobre a energia elétrica. Os processos de industrialização, ao utilizar energia elétrica para a transformação de bens e produção, são passíveis de crédito de impostos incidentes nessa energia, uma vez que os produtos já são taxados por estes.

Assim, as empresas industriais que queiram se creditar dos impostos destacados nas notas fiscais de energia elétrica devem confeccionar um Laudo Técnico emitido por um perito para quantificar a energia elétrica consumida nos setores de industrialização. É possível buscar a retroatividade do crédito no período dos últimos cinco anos e os valores apurados poderão ser compensados com débitos vincendos, atentando-se às normas do regulamento estadual de onde estiver situado o estabelecimento.

Acrescenta-se que não é passível de crédito ao consumo de energia relacionado às áreas de administração e vendas, e ainda que o direito ao crédito é dado somente às empresas que não optaram pelo recolhimento simplificado de impostos.

Lunelli (2016) complementa que a Lei Complementar 87/1996 permitia que as empresas comerciais e industriais utilizassem o crédito integral do ICMS destacado nas faturas de energia elétrica, no entanto, sua vigência foi até 31 de dezembro de 2000 e, a partir dessa data, passou a vigorar a Lei Complementar 102/2000. Com essa lei em vigor, a utilização do crédito de ICMS restringiu-se a três hipóteses:

- Quando for objeto de operação de saída de energia elétrica;
- Quando consumida no processo de industrialização;
- Quando seu consumo resultar em operação de saída ou prestação para o exterior, na proporção destas sobre as saídas ou prestações totais.

Segundo Batista (2013), além do ICMS estadual, também é possível creditar os impostos PIS e COFINS incidentes nas faturas de energia elétrica. Para fins de apuração de créditos de Contribuição para o PIS/PASEP e COFINS, nos termos dos incisos II do art. 3º da Lei nº 10.637, de 2002 e II do art. 3º da Lei nº 10.833, de 2003, consideram-se insumos os bens e serviços adquiridos de pessoas jurídicas, utilizados na prestação de serviços e na produção ou fabricação de bens ou produtos destinados à venda.

No caso de bens, para que estes possam ser considerados insumos, é necessário que sejam consumidos ou sofram desgaste, dano ou perda de propriedades físicas ou químicas em função da ação diretamente exercida sobre o serviço que está sendo prestado ou sobre o bem ou produto que está sendo fabricado.

O laudo técnico é necessário para legitimar o crédito de ICMS, PIS e COFINS, em conformidade com as exigências legais, o faturamento da parte industrializante da empresa torna-se isenta desses impostos, alterando as formas do faturamento.

## 2.11 MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Medidas de eficiência energética aplicadas em um sistema ou processo são um passo essencial para redução de custos e consumo de energia. Recentemente, muitos estudos possuem foco no uso de energia e eficiência energética em vários setores da indústria. (GIACONE; MANCÒ, 2012).

Paramonova, Thollander e Ottosson (2015) analisaram 1254 medidas de eficiência energética diferentemente categorizadas (TABELA 3) que resultou numa economia anual de 917 GWh para essas indústrias estudadas. Os investimentos em novas tecnologias representam 61% de todas as medidas de eficiência energética, seguida de alterações comportamentais (29%), sistemas de controle e as medidas de ajuste de tecnologia obtiveram 7% e, respectivamente, na categoria outros representam, apenas, 2%.

Na revisão bibliográfica de 1975 a 2013, conduzido por Lee e Cheng (2016), é apresentado que o ponto-chave para atividades orientadas às ações de redução de consumo é o comportamento, pois as pessoas são responsáveis pela mudança.

TABELA 3 – CATEGORIAS DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Categoria da medida	Número de medidas	Economia de energia (GW h/ano)
Investimento em novas tecnologias	782	555
Ajuste da tecnologia existente	30	22
Sistema de controle	87	61
Mudanças comportamentais	238	262
Outras/medidas indefinidas	117	17

FONTE: Paramonova; Thollander; Ottosson (2015).

A categoria investimentos em novas tecnologias (TABELA 3) representa a substituição do equipamento existente por novos que consomem menos energia. Ajuste da tecnologia existente compreende medidas de melhorias a equipamentos existentes. Para categoria sistema de controles, definem-se medidas de automação e controle do tempo de funcionamento do equipamento. Porém, envolvendo mudanças manuais ou atualização de sistemas de automação. Mudanças comportamentais consistem em conscientização quanto aos desperdícios, aumento de capacidade, recuperação de energia, busca de vazamentos, rotina de desligar equipamentos e mudanças de procedimentos operacionais. Por último, outras medidas foram medidas de pequeno benefício ou não aderirem às demais categorias. (PARAMONOVA; THOLLANDER; OTTOSSON, 2015).

Diferentes estudos revelam que as medidas de eficiência mais relevantes no quesito equipamentos consistem nas seguintes tecnologias. (ALVES, 2009; ABDELAZIZ; SAIDUR; MEKHILEF, 2011; CHIU; LO; TSAI, 2012; VIANA et al., 2012; EVO, 2012; HASANBEIGI; PRICE, 2012; TOLEDO, 2013; TRIANNI; CAGNO; DONATIS, 2014; PARESHKUMAR; PURNANAD, 2014; PARAMONOVA; THOLLANDER; OTTOSSON, 2015; LEE; CHENG, 2016):

- **Motores Elétricos:** Para Trianni, Cagno e Donatis (2014), esses sistemas são responsáveis por uma considerável proporção do consumo total de energia, sendo responsável por cerca de 69% do consumo de energia industrial na União Europeia. Se adotadas medidas de eficiência energética, estas poderiam resultar em economia de 10 à 18% do total consumido pela organização;
- **Compressores de ar:** Trianni, Cagno e Donatis (2014) salienta que, provavelmente, é a mais cara forma de energia, devido a sua pouca

eficiência. Para Abdelaziz, Saidur e Mekhilef (2011), vazamentos de ar podem ser a maior fonte de perda de energia em instalações de produção. Pareshkumar e Purnanad (2014) adicionam que os vazamentos podem representar de 20 à 50% da saída de um compressor;

- **Ar-condicionado e Ventilação:** por meio de controle, sendo automático ou por ajuste humano podem chegar a ter as maiores taxas de economias. (LEE; CHENG, 2016);
- **Iluminação:** o estudo conduzido por Kralikova, Andrejiova e Wessely, (2015) apresenta a eficiência em relação ao LED, luminárias, circuitos e aproveitamento da luz do dia podem ser uma estratégia sustentável.

Além dos itens mencionados acima, outras diferentes medidas podem ser realizadas num ambiente fabril. Os estudos de Hasanbeigi e Price (2012), Trianni, Cagno e Donatis (2014) e Lee e Cheng (2016) apresentam centenas de oportunidades de medidas já implantadas e seus benefícios comprovados.

No cenário da indústria brasileira, o Centro Brasileiro de informação de Eficiência energética (PROCEL) fomenta a eficiência energética por meio da otimização dos sistemas produtivos, desenvolvimento de ferramentas computacionais e manuais, bem como auditorias energéticas visando à criação de casos de sucesso e disponibilizá-las de acordo com o setor que a indústria se enquadra, assim, tornando-se uma excelente fonte e *Benchmarking* de medidas de eficiência. (PROCEL, 2016).

Uma alternativa na busca de medidas de eficiência é a terceirização desse serviço, um dos caminhos é a contratação de uma *Energy Services Company* (ESCOs). ESCOs são empresas de engenharia especializada em promover a eficiência energética nas instalações de seus clientes. (ABESCO, 2016).

Como um ponto de partida genérico, medidas, principalmente com foco em motores elétricos, ar condicionado, ventilação e iluminação, podem ser uma boa estratégia. Para ações de redução de consumo inerentes ao processo produtivo, benchmarking em processos similares em outros tipos de empresas e casos de sucesso apresentados no website do PROCEL pode ser um caminho. Além disso, se aplicável, uma consultoria pode ser uma alternativa para ajudar no sucesso da implantação de um SGE.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo é apresentado o método utilizado no trabalho, na seguinte sequência: caracterização da pesquisa, critérios para seleção da empresa, características gerais da empresa, unidade de análise, protocolo da pesquisa, instrumentos de coleta de dados, sistematização e análise dos dados e alinhamento do método aos objetivos da pesquisa.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, ou seja, “voltada à aquisição de conhecimentos com vistas à aplicação numa situação específica” (GIL, 2008).

Quanto à abordagem do problema, a pesquisa se enquadra como qualitativa cuja principal característica consiste na ênfase na perspectiva do indivíduo que está sendo estudado. A preocupação é obter informações sobre essa perspectiva dos indivíduos, bem como interpretar o ambiente em que o problema ocorre. A realidade subjetiva dos indivíduos envolvidos na pesquisa é considerada relevante e contribui para a pesquisa. (MIGUEL et al., 2012).

Quanto aos objetivos, a pesquisa é exploratória. Pesquisas exploratórias têm por objetivo familiarizar o pesquisador com o problema, tornando-o mais explícito ou construindo hipóteses e permitem que seu planejamento seja bastante flexível, assumindo, na maior parte dos casos, a forma de pesquisa bibliográfica ou estudo de caso. (GIL, 2008).

A estratégia de pesquisa utilizada neste trabalho é o estudo de caso. Esta estratégia “permite uma investigação para se observar características holísticas e significativas dos eventos da vida real”. Tem-se como uma estratégia adequada para responder às questões do tipo: “como?” e “por quê?”. O estudo de caso realça eventos contemporâneos e não exige controle sobre os eventos comportamentais. (YIN, 2001).

Os estudos de caso exploratórios são aqueles em que o pesquisador não espera obter uma resposta definitiva do problema proposto (GIL, 2008). Na presente pesquisa visa obter uma visão mais acurada do problema para posteriormente outros pesquisadores realizarem uma pesquisa mais aprofundada. Assim, o produto final desta pesquisa passa a ser o problema mais esclarecido.

A FIGURA 8 resume o delineamento adotado no planejamento metodológico da pesquisa, visando assim, atingir os objetivos propostos.

FIGURA 8 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

NATUREZA DA PESQUISA:	ABORDAGEM DO PROBLEMA:	OBJETIVOS DA PESQUISA:	ESTRATÉGIA:
<b>Aplicada</b>	Quantitativa	<b>Exploratória</b>	<i>Survey</i>
Básica	<b>Qualitativa</b>	Descritiva	<b>Estudo de Caso</b>
		Explicativa	Modelagem
			Simulação
			Estudo de Campo
			Experimento
			Teórico/conceitual

FONTE: O AUTOR (2016).

### 3.2 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DA EMPRESA

Visando justificar a utilização do caso no estudo, conforme apresentado por Yin (2001), o ambiente da pesquisa deve possuir as condições necessárias para avaliar o método selecionado. Com base na literatura apresentada no capítulo 2, os requisitos necessários para a seleção das empresas foram:

- Estar no Brasil;
- Ser gerida por Brasileiros;
- Ser uma empresa em fase de implantação da gestão de energia.

### 3.3 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA EMPRESA

A empresa selecionada do ramo de explosivos situa-se na Região Metropolitana de Curitiba. A empresa atende aos critérios de seleção estabelecidos e foi escolhida pelo fácil acesso às informações, aos projetos e as pessoas envolvidas com a gestão de energia.

A indústria de explosivos fornece soluções de produtos e serviços para desmonte de rocha para empresas de base, especialmente construção civil pesada,

agregados e mineração. O mercado de explosivos é restrito, devido, não apenas, ao alto grau de periculosidade na fabricação, mas também ao nível de exigências legais, controle e fiscalização por órgão competentes.

Esse segmento industrial, em virtude de o produto ser explosivo, é controlado pelo Exército Brasileiro e atende aos requisitos do Regulamento (R-105) para a fiscalização de produtos controlados. Esse regulamento tem por finalidade estabelecer as normas necessárias para a correta fiscalização das atividades exercidas por pessoas físicas e jurídicas, que envolvam produtos controlados pelo Exército. As exigências da norma referem-se a regras específicas quanto à fabricação, à recuperação, manutenção, utilização industrial, ao manuseio, exportação, importação, desembaraço alfandegário, armazenamento, comércio e tráfego dos produtos relacionados a esse regulamento.

As fábricas de explosivos têm como característica a abrangência de uma grande área para sua produção, com baixa ocupação, devido às exigências legais. Isso ocorre, pois limitam-se à quantidade de explosivos armazenados por edificação para isolar o risco em caso de acidentes. Em consequência à quantidade limitada de explosivos por edificação, as etapas de produção são segmentadas em diferentes locais e distanciadas de acordo com a norma R-105. Para os tipos de explosivos que geram atmosferas explosivas, os equipamentos devem ser à prova de explosão.

As despesas com energia elétrica e mão de obra têm grande impacto no custo de produção desse segmento. Na atual conjuntura da indústria de base no Brasil, a redução de custos é um dos fatores que permitem a sobrevivência no mercado.

### 3.4 UNIDADE DE ANÁLISE

A unidade de análise do caso é a avaliação das ações e o fluxo de implantação de um sistema de gestão de energia na empresa estudada. O objeto de estudo nesta pesquisa são estas ações e o fluxo de implantação em comparação com o método selecionado na literatura (MCI).

A unidade de análise da empresa tem a necessidade de atender, prioritariamente, aos requisitos (seção 3.2). Os requisitos foram confirmados por meio de análise documental.

### 3.5 PROTOCOLO DA PESQUISA

A pesquisa foi estruturada em duas etapas: a primeira envolve a elaboração e qualificação do projeto. A segunda etapa compreende, basicamente, a pesquisa em campo com a aplicação dos instrumentos de coleta de dados, análise dos dados coletados, redação do relatório final e a defesa da dissertação.

A estruturação das etapas buscou acompanhar o planejamento proposto por Yin (2001) para a condução de estudo de caso. As etapas da pesquisa estão, mais detalhadamente, descritas na (TABELA 4).

TABELA 4 – ETAPAS DE PESQUISA

Passo	Primeira Etapa (Elaboração do Projeto)	Passo	Segunda Etapa (Desenvolvimento)
1	Escolha do tema	9	Avaliação das entrevistas e questionário
2	Pesquisa exploratória a respeito do tema	10	Caracterização do caso estudado
3	Formulação do problema e objetivos	11	Análise documental
4	Pesquisa de revisão bibliográfica	12	Aplicação das entrevistas e questionário
5	Definição do método de pesquisa	13	Sistematização e análise dos dados
6	Definição dos critérios para a utilização dos casos e unidades de análise	14	Propor uma forma de aplicar o método selecionado
7	Elaboração do protocolo das entrevistas semiestruturadas	15	Considerações finais
8	Elaboração do questionário		

FONTE: O autor (2016).

#### Descrição das etapas da pesquisa:

1. A escolha da área da pesquisa e a definição do tema ocorreram com base no interesse do autor;
2. A pesquisa exploratória foi realizada em artigos relacionados ao tema “gestão de energia”, e posteriormente relacionadas ao tema “eficiência energética”, conforme QUADRO 2 – TRABALHOS QUE ABORDAM TÓPICOS DO SGE;
3. Formulação do problema e objetivos a partir da lacuna identificada na pesquisa exploratória;
4. A pesquisa de revisão foi delineada com base em fontes identificadas em duas fases:



- Levantamento de trabalhos publicados de revisão da literatura nos temas “Gestão de Energia”, “Eficiência Energética”, “Política Energética” e “Auditoria energética”. Esse levantamento visa à obtenção de uma relação de autores mais referenciados em cada um dos temas na fase inicial do levantamento.
  - Pesquisa em livros, teses, dissertações, artigos científicos e *websites* de entidades relacionadas à pesquisa.
5. A definição do método de pesquisa compreendeu a adoção da estratégia de estudo de um único caso e seleção dos instrumentos de coleta de dados: pesquisa documental, entrevistas e questionário;
  6. A definição dos critérios para a seleção dos casos e unidades de análise envolve a identificação dos fatores importantes característicos para validar a utilização do caso na pesquisa;
  7. Elaboração do protocolo das entrevistas semiestruturadas, com base nos elementos identificados na revisão da literatura (capítulo 2);
  8. Elaboração do questionário, com base nos elementos identificados na literatura consultada (capítulo 2);
  9. O roteiro de entrevistas e o questionário foram adequados de acordo com a avaliação de dois especialistas;
  10. A caracterização do caso estudado foi realizada com base na análise documental no *website* da empresa, nas perguntas das entrevistas do time de gestão de energia e nas perguntas do questionário (dados do respondente);
  11. Análise documental das evidências de implantação do SGE;
  12. A entrevista foi realizada por meio de grupo focado e imediatamente após o término foi aplicado o questionário;
  13. Sistematização e análise dos dados em relação à literatura consultada. Nessa etapa é identificada a sequência de implantação e práticas utilizadas do SGE através das declarações dos entrevistados e respostas do questionário;
  14. A avaliação do método de gestão de energia selecionado em uma indústria brasileira foi realizada com base na sistematização e análise dos dados coletados;
  15. Apresentação das considerações finais e propostas para trabalhos futuros.

### 3.6 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Os instrumentos de coleta de dados utilizados na pesquisa foram a entrevista, questionário e análise documental. O QUADRO 7 apresenta os elementos considerados nesta dissertação, os autores consultados, as questões da entrevista e a descrição das afirmativas presentes no questionário.

O roteiro da entrevista semiestruturada foi elaborado com base nos elementos mais citados pelos autores, a partir dos quais foram concebidas perguntas não estruturadas que têm por objetivo conhecer como é o sistema de gestão de energia na empresa. Dessa forma, possibilita a descrição, análise e avaliação com as respostas do questionário.

As entrevistas foram aplicadas aos quatro colaboradores envolvidos na gestão de energia no caso investigado, por meio de grupo focado. Para Ribeiro e Newmann (2015), o uso dos grupos focados se aplica quando o objetivo é explicar como as pessoas consideram uma experiência, ideia ou um evento. Além disso, esse instrumento propicia flexibilidade na coleta de dados em relação à aplicação individual, principalmente em virtude de este estudo contemplar poucos entrevistados.

O questionário é “a técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos”. (GIL, 2008). Quanto às formas de aplicação do questionário, optou-se pelo questionário impresso, aplicado, imediatamente, após a entrevista, momento em que os respondentes estão mais familiarizados com os termos utilizados, permitindo o esclarecimento de dúvidas com o entrevistador.

O questionário foi utilizado para levantamento do grau de concordância entre a gestão de energia empregada pela empresa e o método proposto. Para isso, utilizaram-se afirmativas nas quais o respondente teve de escolher uma das alternativas da escala: “Concorda Plenamente” (CP), “Concorda” (C), “Discorda” (D) e “Discorda Plenamente” (DP).

Foi solicitada a validação dos instrumentos, entrevistas e questionário para dois especialistas em eficiência energética, possibilitando melhorias nos instrumentos. Essa etapa foi importante pelas sugestões implantadas no questionário.

QUADRO 7 – CONSTRUÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Área	Elemento Investigado	Autores Consultados	Questões a investigar	Questão abordada na Entrevista	Questionário: Qual o seu grau de concordância em relação às seguintes afirmativas:
Motivação	Fatores de motivação para implantação de medidas de redução de custo e consumo de energia elétrica	Trianni e Cagno (2012)	1. A identificação dos fatores de motivação para implantação do SGE na indústria estudada.	1. Quais foram os fatores que motivaram a melhoria da eficiência de energia elétrica?	1. Melhoria da eficiência devido a restrições legais (Legislação). 2. Aumento das tarifas de energia elétrica. 3. Imagem/Marketing verde. 4. Após a análise da Auditoria (perfil) energética. 5. Após do aumento da confiabilidade de informações. 6. Acordos voluntários. 7. Aumento da competitividade. 8. Após conhecer informações sobre os custos reais de energia elétrica. 9. Informações sobre os custos reais de energia elétrica. 10. Acesso a financiamentos públicos subsidiados. 11. Financiamento privado mais atrativos. 12. Após obter conhecimento dos benefícios não energéticos. 13. Motivação gerada pela gerência.

Barreiras	Barreiras de implantação de medidas de eficiência energética	Cagno e Trianni (2014)	2. A identificação das barreiras para implantação do SGE.	2. Quais são os motivos pelo qual não foi tratada a eficiência energética anteriormente?	<p>14. Tecnologia instalada não propicia a eficiência energética.</p> <p>15. Falta de informações de custos e benefícios.</p> <p>16. Pouca confiabilidade nas fontes de informação na implantação de ações.</p> <p>17. Custos de investimentos.</p> <p>18. Risco negativo na implantação de melhorias.</p> <p>19. Custos de energia não identificados</p> <p>20. Outras prioridades.</p> <p>21. Falta de compartilhamento de objetivos gerando interesses divergentes.</p> <p>22. Falta de interesse em melhorias de eficiência energética.</p> <p>23. Critério de avaliação de investimento não adequado.</p> <p>24. Falta de controle interno na implantação de ações.</p> <p>25. Fluxo de decisão burocrático.</p> <p>26. Falta de Identificação de oportunidades.</p> <p>27. Falta de conscientização da gerência sobre os benefícios do sistema de gestão de energia elétrica.</p>
-----------	--	------------------------	---	--	---

Estrutura Organizacional	Estrutura organizacional do SGE	Martin et al. (2012), Ates e Durakbasa (2012) e Blass et al. (2014)	3. Identificação das responsabilidades do time da gestão de energia em relação a hierarquia da organização.	3. Como a organização realiza ou está planejando a estrutura de responsabilidade e cumprimento de metas da eficiência de energia?	<p>28. Há um gerente responsável pela gestão de energia elétrica.</p> <p>29. Há um time de gestão de energia elétrica.</p> <p>30. Há um colaborador responsável pela gestão de energia elétrica.</p> <p>31. A estrutura organizacional é clara quanto aos responsáveis pela gestão de energia elétrica.</p>
Auditoria Energética	Informações sobre a utilização e consumo de energia elétrica	Fleiter, Schleich e Ravivanpong (2012), CEN e CENELEC (2012), Batista (2013) e Vikhorev, Greenough e Brown (2013)	4. Identificação dos fluxos, perfil energético e indicadores de consumo de energia.	<p>4. O consumo de energia elétrica por processo e/ou edificações, ou mesmo o consumo por unidade produtiva de produção é conhecido ou está em andamento? Se em andamento, como está sendo realizado?</p> <p>5. Quais são os indicadores de eficiência atuais, e como serão os futuros?</p>	<p>32. O perfil de energia elétrica (rateio) condiz com a realidade.</p> <p>33. O rateio do consumo é baseado em informações confiáveis.</p> <p>34. É de conhecimento de todos quais são os maiores consumidores/ utilizadores de energia elétrica.</p> <p>35. Os indicadores estão de acordo com a realidade de consumo.</p> <p>36. Os indicadores possuem clareza.</p> <p>37. Os dados dos indicadores são informados a todos os colaboradores periodicamente.</p> <p>38. É conhecido o valor da energia elétrica gasta para produzir uma unidade de produto.</p> <p>39. Existem indicadores financeiros.</p> <p>40. Há indicadores setorizados?</p>

Monitoramento e Controle	Como é realizado o controle/monitoramento e estabelecimento de metas	Bunse et al. (2011) e May et al. (2015)	5. Identificação da forma de controle/monitoramento do consumo e a formatação de novas metas.	6. Como planejam realizar o monitoramento contínuo da energia?  7. Como planejam determinar as metas de redução de consumo de energia?	<p>41. Existe um sistema de controle de energia.</p> <p>42. O Sistema de monitoramento e controle de energia é informatizado.</p> <p>43. Os valores de consumo são disponíveis para todos os colaboradores.</p> <p>44. As metas de consumo são claras, objetivas, específicas e atingíveis e periodicamente redefinidas.</p> <p>45. Os planos de ações são baseados no monitoramento de energia.</p>
Política Energética	Informações quanto a procedimentos e diretrizes formais da gestão de energia	Thollander et al. (2013), Ates e Durakbasa (2012) e Schulze et al. (2016)	6. Identificação da formalização da importância do SGE na indústria.	8. Existe um procedimento específico para gestão de energia elétrica, se sim, como é? Ou, como planejam?  9. Treinamento e disseminação quanto à gestão de energia realizada periodicamente?	<p>46. Procedimento formal da gestão de energia.</p> <p>47. Metas claras e específicas de gestão de energia.</p> <p>48. Existem metas gerenciais baseada nos indicadores.</p> <p>49. Disseminação dos dados de uso e consumo da energia.</p> <p>50. Treinamento periódico da gestão de energia.</p> <p>51. Aplicação de boas práticas do uso e consumo de energia.</p>

Avaliação de investimentos	Informações quanto a critérios de seleção de projetos	Trianni, Cagno e Donatis (2014), Nehler e Rasmussen (2015) e Sola e Mota (2015)	7. Identificação critérios de seleção de projetos em eficiência de energia.	10. Quais critérios de seleção e priorização de projetos são utilizados para a eficiência energética?	<p>52. Existem critérios de seleção de projetos de eficiência.</p> <p>53. O critério principal utilizado para projeto de eficiência energética é o <i>payback</i>.</p> <p>54. O projeto de eficiência é uma análise multicritério.</p>
Medidas de redução de faturamento	Informações de medidas de redução de custo do faturamento de energia elétrica	Viana et al. (2012) e Batista (2013)	8. Identificação das medidas de redução de faturamento de energia.	11. Quais as medidas de eficiência de fornecimento de energia foram realizadas? Quais estão em andamento?	<p>55. Empresa no mercado cativo.</p> <p>56. Empresa no mercado livre de energia.</p> <p>57. Ações de redução de custo implantada no horário de ponta.</p> <p>58. Fator de carga ótimo.</p> <p>59. Recebimento de crédito de impostos.</p> <p>60. Multa devido à energia reativa.</p>

Medidas de eficiência energética	Informações quanto a medidas em tecnologias	Paramonova, Thollander e Ottosson (2015), Thollander et al. (2015) e Lee e Cheng (2016)	8. Identificação das medidas de eficiência energética.	12. Quais foram às melhorias de eficiência energética focada em equipamentos? Quais estão em andamento?  13. Quais medidas comportamentais realizadas ou em andamento?	61. Investimentos realizados ou em andamento em novas tecnologias de eficiência energética.  62. Medidas realizadas ou em andamento em tecnologia existente.  63. Medidas realizadas ou em andamento em sistemas de controle nos equipamentos existentes  64. Medidas realizadas ou em andamento, baseadas em comportamento na utilização de equipamentos, foco em evitar desperdício e economia.  65. Medidas realizadas ou em andamento e troca de motores elétricos de alto rendimento.  66. Medidas realizadas ou em andamento focada em eliminar vazamentos de ar.  67. Medidas realizadas ou em andamento em ventilação e ar-condicionado.  68. Medidas realizadas ou em andamento em iluminação.
----------------------------------	---	---	--	--	---

FONTE: O autor (2016).



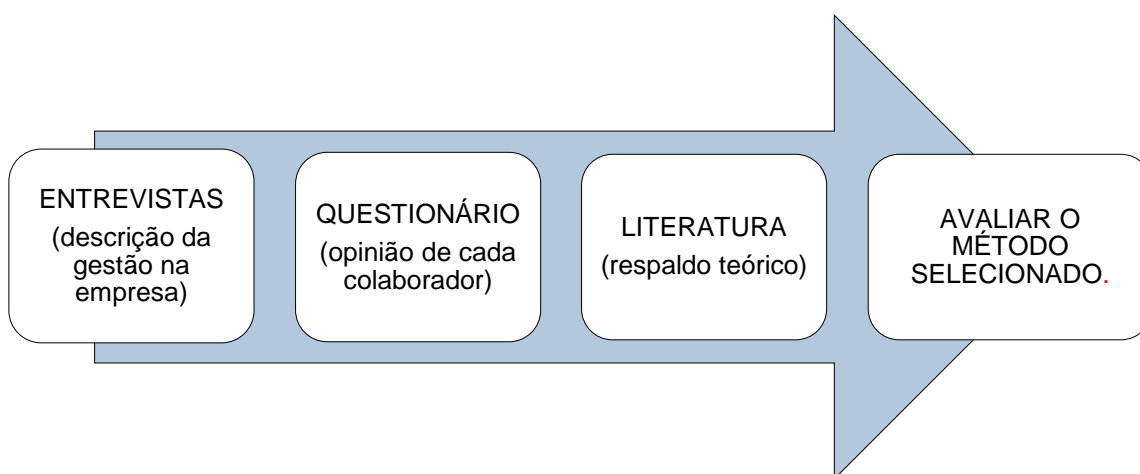
### 3.7 SISTEMATIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A sistematização dos dados visa relacionar os elementos identificados na literatura aos dados coletados no caso estudado.

A sistematização das entrevistas visa apresentar uma breve descrição de como é a gestão de energia, abordando cada elemento descrito na seção 3.6. A análise das respostas do questionário visa apresentar a opinião dos membros da equipe sobre tais elementos.

Tanto as análises das entrevistas quanto do questionário são qualitativas. Os dados obtidos com as entrevistas foram transcritos, agrupando-se as respostas dos colaboradores para cada elemento investigado. Para o questionário, os itens de concordância e discordância são agrupados, sendo a resposta final da organização a resposta da maioria. Dessa forma, os dois instrumentos se completam para possibilitar a descrição e análise do problema.

FIGURA 9 – SISTEMATIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS



FONTE: O autor (2016).

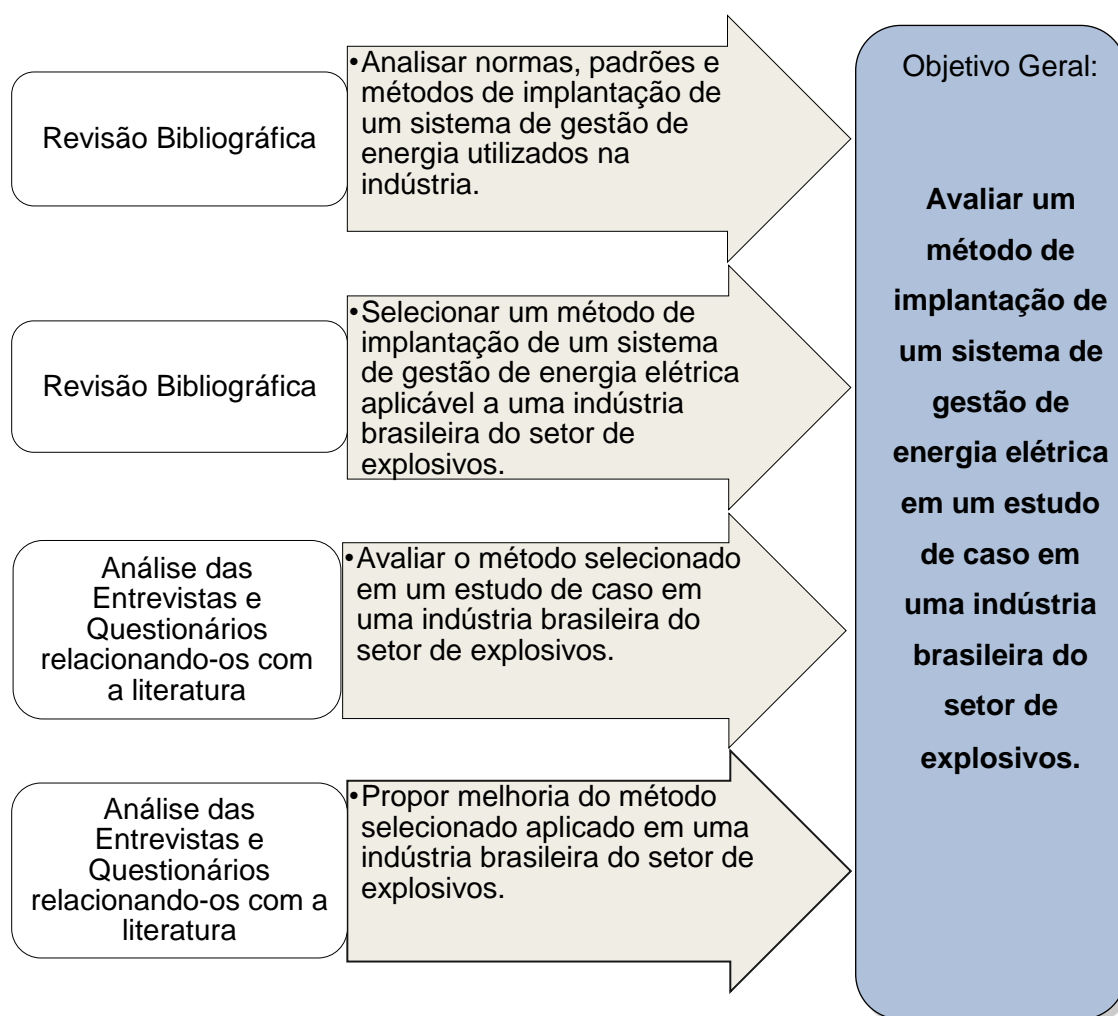
Para a avaliação do método selecionado em relação à condução de implantação do SGE na empresa selecionada, identificou-se as etapas de implantação organização e comparou-se com o método selecionado. Para a formulação das recomendações para a implantação do SGE aplicado a uma empresa brasileira, analisam-se pontos positivos do método, associado com os da organização estudada, juntamente ao respaldo da literatura. O objetivo é avaliar as principais divergências

entre as práticas utilizadas na empresa e a teoria, assim, enfatizando as boas práticas adotadas para o SGE (FIGURA 9).

### 3.8 ALINHAMENTO DA METODOLOGIA AOS OBJETIVOS DA PESQUISA

Em uma maneira sintetizada (FIGURA 10), o alinhamento da metodologia adotada na pesquisa aos objetivos específicos e, por consequência, o atendimento do objetivo geral do trabalho.

FIGURA 10 – ALINHAMENTO DA METODOLOGIA AOS OBJETIVOS DA PESQUISA



FONTE: O autor (2016).

## 4 RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo são apresentadas as análises dos dados coletados na pesquisa por meio da entrevista e do questionário aplicado na indústria de explosivo selecionada. O objetivo é avaliar as etapas propostas pelo MCI fundamentado com a realidade da empresa.

### 4.1 EMPRESA ESTUDADA

A empresa estudada é, originalmente, brasileira, fundada nos anos 60, localizada no Paraná, possui diversas filiais no Brasil e unidades de serviços instaladas em grandes clientes. A partir de 2013, contou com mais 2 sócios estrangeiros. Em 2016 um dos sócios estrangeiros adquiriu 100% das ações. A partir da aquisição total, o acionista aumentou o nível de inovação a organização. Tem cerca de 1000 funcionários. 15% estão há mais de 20 anos de empresa.

Atualmente, a empresa é líder do seu segmento no Brasil, com participação de 45% do mercado, exportando parte da produção. O serviço prestado ajuda o cliente e a organização a obterem melhores resultados. A empresa se mostra com esforços para se manter competitiva em ambos mercados, interno e externo.

### 4.2 SISTEMATIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Para realizar a pesquisa na indústria de explosivos, foi contatado o gerente de engenharia e manutenção da organização. Primeiramente, foi verificado, por meio de trocas de *e-mails* com o gerente, se a indústria atendia às características do estudo. Na sequência, o gerente seguiu os procedimentos pertinentes da empresa e a pesquisa foi aprovada sob a condição de sigilo sobre dos nomes dos funcionários e dados relevantes da organização.

Para análise documental, foi realizada uma reunião no mês de Julho de 2016 em que o time de implantação do SGE apresentou documentos com dados dos resultados das análises e das reduções de custos.

A entrevista com os quatro colaboradores em grupo focado e aplicação do questionário foi realizada na própria indústria de explosivos no mês de Agosto de 2016 e durou cerca de 90 minutos. Esta foi gravada em áudio e, posteriormente, os

entrevistados responderam ao questionário. As respostas do questionário foram agrupadas sendo a resposta final da organização a da maioria.

A entrevista em grupo focado tem como objetivo identificar as medidas e o meio de condução da implantação do SGE na organização, com base na percepção dos diferentes perfis e posições hierárquicas dos entrevistados. Com a aplicação do questionário, foi possível identificar e a situação do SGE, pontualmente, complementando e relacionando as informações da entrevista.

#### 4.2.1 Análise documental

O time responsável pela implantação apresentou, em caráter de sigilo, os dados específicos dos seguintes documentos:

- Faturas de energia elétrica: apresentou dados dos custos no ano de 2014 comparados com 2015, evidenciando o aumento do custo em 80% da tarifa de energia elétrica para o mesmo consumo;
- Estudos Mercado Livre de Energia: o estudo apresentou como foi a sequência de migração do mercado cativo para o livre, e as reduções de custos;
- Viabilidade financeira da tecnologia LED: Apresentou os critérios utilizados para viabilização, como vida útil, redução de consumo e manutenção;
- Viabilidade da utilização do gerador em horário de pico quando no mercado CATIVO;
- Auditoria energética: informações do andamento da coleta de dados nos processos produtivos;
- Memoriais descritivos de projetos: documento que fornece diretrizes para implantação de novas tecnologias na organização, em que há recomendações de equipamentos com alta eficiência energética.

Com base em análise documental, foram evidenciados os esforços e resultados para implantação de medidas de eficiência energética. Contudo, com essa análise verificou-se que a empresa se enquadra, totalmente, na unidade de análise proposta por este estudo.

#### 4.2.2 Caracterização dos respondentes

O grupo entrevistado compreendeu-se em quatro colaboradores da organização que participam da implantação do SGE. Quanto ao perfil profissional dos pesquisados, foram obtidos as seguintes informações:

- Diretor Executivo (DE), responsável pelas áreas: Financeira, Recursos Humanos, Tecnologia e Informação e interino da Engenharia e Operações. Graduado em administração e trabalha há 6,6 anos na empresa;
- Gerente de Engenharia (GE) e Manutenção, engenheiro mecânico e trabalha na empresa 4,5 anos;
- Coordenadora de Sustentabilidade (CS), responsável pela área de Meio Ambiente e Projetos de Sustentabilidade, possui formação em engenharia ambiental e trabalha na empresa 5,5 anos;
- Encarregado de Manutenção Elétrica (EE), 9 anos na organização, técnico eletricitista com formação incompleta em engenharia elétrica.

#### 4.2.3 Fatores de motivação

Esse tópico apresenta os resultados obtidos sobre o que motivou a organização a iniciar a implantação de um sistema de gestão de energia elétrica. Na entrevista, foi perguntado sobre os fatores que motivaram a melhoria da eficiência de energia elétrica. Abaixo, as respostas mais abrangentes relacionadas:

- “Primeiro incentivo foi o econômico. Viabilidade de aquisição de tecnologia mais eficiente em energia e foco em sustentabilidade” (DE);
- “Aumento do custo da energia elétrica nos últimos dois anos” (GE);
- “Questão econômica, exigência do mercado pelo aumento da competitividade, premiações e selos para ajudar a ganhar contratos. Tendência mundial e valores do acionista” (GE);
- “A visão do acionista estrangeiro com visão em tecnologia e sustentabilidade. Visão estrangeira é antecipada com as exigências, pois, entendem os benefícios antecipadamente” (DE);
- “Mudança de cultura devido ao novo acionista” (DE).

O QUADRO 8 apresenta o agrupamento do resultado do questionário aplicado aos respondentes, e a resposta final da organização.

QUADRO 8 – RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SOBRE FATORES DE MOTIVAÇÃO

Questão	Respondentes				Resposta Final
	EE	GE	CS	DE	
1. Melhoria da eficiência devido a restrições legais (Legislação).	C	CP	C	D	Concorda
2. Aumento das tarifas de energia elétrica.	D	CP	CP	CP	Concorda
3. Imagem/Marketing verde.	C	C	C	CP	Concorda
4. Após a análise da Auditoria (perfil) de energia.	C	C	C	D	Concorda
5. Após o aumento da confiabilidade de informações.	C	CP	C	C	Concorda
6. Acordos voluntários.	C	C	C	D	Concorda
7. Aumento da competitividade.	C	CP	CP	C	Concorda
8. Redução de custos através da utilização de energia.	C	C	C	C	Concorda
9. Após conhecer informações sobre os custos reais de energia elétrica.	C	C	C	C	Concorda
10. Acesso a financiamentos públicos subsidiados.	D	D	D	D	Discorda
11. Financiamento privado mais atrativos.	D	D	D	D	Discorda
12. Após obter conhecimento dos benefícios não energéticos.	C	C	C	D	Concorda
13. Motivação gerada pela gerência.	CP	C	C	C	Concorda

FONTE: O autor (2016).

Baseado nas declarações da entrevista e o resultado final do questionário, os respondentes concordam com os fatores relacionados ao “Aumento das tarifas de energia elétrica”, “Imagem/Marketing verde”, após a “Análise da auditoria energética”, “Aumento da competitividade”, “Redução de custos através da utilização de energia”, “Após conhecer informações sobre os custos reais de energia elétrica” e “motivação gerada pela gerência”.

Apesar de a organização ainda não possuir um sistema informatizado de gestão de energia elétrica, conforme descrito na seção 4.2.7, os respondentes concordam que o fator “após o aumento da confiabilidade das informações” é um motivador. Os membros, também, concordam quanto ao fator “Melhoria da eficiência devido a restrições legais” (Legislação). Esse item está relacionado à multa cobrada devido a energia reativa, conforme descrito na seção 4.2.10.

O item “Acordos voluntários” também está em concordância, uma vez que a implantação do SGE na empresa traz benefícios à comunidade, conforme:

- “Existem atividades com a comunidade, como projetos diversos. Exemplo: doações das lâmpadas antigas para uma cooperativa” (CS).

O item “Após obter conhecimento dos benefícios não energéticos” possui concordância, mas relaciona-se com a avaliação de investimentos, conforme descrito na seção 4.2.9.

Os colaboradores discordam dos itens “Acesso a financiamentos públicos subsidiados” e “Financiamentos privados mais atrativos”.

As avaliações dos fatores motivadores para essa indústria podem ser classificadas como predominantes e reforçadores. Os fatores predominantes estão ligados à sobrevivência da organização, referem-se a itens financeiros, como redução de custo, aumento da competitividade e penalidades financeiras devido a regras de faturamento. Os reforçadores são a imagem verde, benefícios não energéticos e acordos voluntários.

#### 4.2.4 Barreiras

A implantação do SGE constitui uma tarefa complexa e de interface não apenas técnica, mas sim organizacional e de gestão. Quando perguntado as razões pelas quais esse tema não foi tratado, anteriormente, na organização, algumas das respostas foram:

- “A empresa foi adquirida pelo grupo externo, assim, focando em outras prioridades. O custo da energia estava dentro do orçamento ainda” (CS);
- “A visão da empresa brasileira não contemplava o foco em sustentabilidade caso não gerasse impactos financeiros imediatos” (DE);
- “Possivelmente não havia implantado um sistema de monitoramento de energia elétrica, por falta do conhecimento dos benefícios e alto custo de implantação na época” (GE);

- “O grande desafio é a mudança de cultura. As pessoas perceberem as mudanças e elas manterem no modo automático. O trabalho de conscientização é o principal desafio para o sucesso dos projetos” (DE).

QUADRO 9 – RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SOBRE BARREIRAS

Questão	Respondentes				Resposta Final
	EE	GE	CS	DE	
14. Tecnologia instalada não propicia a eficiência energética.	C	C	C	C	Concorda
15. Falta de informações de custos e benefícios.	C	C	C	C	Concorda
16. Pouca confiabilidade nas fontes de informação para a implantação de ações.	C	C	C	D	Concorda
17. Custos de investimentos	C	C	C	DP	Concorda
18. Risco negativo na implantação de melhorias.	DP	D	C	DP	Discorda
19. Custos de energia não identificados (falta de informações quanto ao custo e consumo localizado).	C	C	C	C	Concorda
20. Outras prioridades.	D	D	D	DP	Discorda
21. Falta de compartilhamento de objetivos gerando interesses divergentes.	C	D	C	C	Concorda
22. Falta de interesse em melhorias de eficiência energética.	C	D	D	D	Discorda
23. Critério de avaliação de investimento não adequado.	D	D	D	D	Discorda
24. Falta de controle interno na implantação de ações.	D	D	D	D	Discorda
25. Fluxo de decisão burocrático.	D	D	D	D	Discorda
26. Falta de Identificação de oportunidades.	D	C	C	C	Concorda
27. Falta de conscientização da gerência sobre os benefícios do sistema de gestão de energia elétrica.	D	C	C	C	Concorda

FONTE: O autor (2016).

Com base nas respostas finais apresentadas no QUADRO 9 e nas declarações da entrevista, os itens em concordância foi “Tecnologia instalada não propicia a eficiência energética”, “Falta de informações de custos e benefícios”, “Pouca confiabilidade nas fontes de informação para a implantação de ações”, “Custos de energia não identificados (falta de informações quanto ao custo e consumo



localizado)”, “Falta de compartilhamento de objetivos gerando interesses divergentes”, “Falta de Identificação de oportunidades”, “Falta de conscientização da gerência sobre os benefícios do sistema de gestão de energia elétrica”.

Os respondentes discordaram sobre os itens, “Risco negativo na implantação de melhorias”, “Outras prioridades”, “Falta de interesse em melhorias de eficiência energética”, “Falta de interesse em melhorias de eficiência energética”, “Critério de avaliação de investimento não adequado”, “Falta de controle interno na implantação de ações” e “Fluxo de decisão burocrático”.

Apesar de os custos de investimentos estarem em concordância como uma das barreiras, conforme declarado pelo Diretor no tópico Análise de investimentos (seção 4.2.9), se verificados os benefícios, os investimentos podem ser aprovados. As barreiras estão, primordialmente, relacionadas à falta de conhecimento dos benefícios do SGE, à falta da cultura de longo prazo do acionista anterior e ao impacto do custo no orçamento da organização.

#### 4.2.5 Estrutura organizacional

Para o elemento estrutura organizacional, a pergunta foi: como a organização realiza ou está planejando a estrutura de responsabilidade e cumprimento de metas da eficiência de energia? As declarações estão descritas abaixo:

- “Planejamos por supervisores de área” (CS);
- “Deve ser suportado pela direção” (DE).

QUADRO 10 – RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SOBRE ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

Questão	Respondentes				Resposta Final
	EE	GE	CS	DE	
28. Há um gerente responsável pela gestão de energia elétrica.	D	D	D	DP	Discorda
29. Há um time de gestão de energia elétrica.	C	C	C	D	Concorda
30. Há um colaborador responsável pela gestão de energia elétrica.	C	C	C	D	Concorda
31. A estrutura organizacional é clara quanto aos responsáveis pela gestão de energia elétrica.	D	D	D	DT	Discorda

FONTE: O autor (2016).

Este tópico é melhor explorado pelo questionário (QUADRO 10), em que se evidencia a inexistência de uma estrutura organizacional consolidada, conforme discordância dos itens, “Há um gerente responsável pela gestão de energia elétrica”, “A estrutura organizacional é clara quanto aos responsáveis pela gestão de energia elétrica”.

A concordância quanto aos itens, “Há um time de gestão de energia elétrica”, “Há um colaborador responsável pela gestão de energia elétrica” relaciona-se com os colaboradores responsáveis pelas implantações das medidas, conforme apresentado nas seções 4.2.10 e 4.2.11. Compreende-se que há uma equipe trabalhando com o SGE, mas não estruturalmente. Apesar de a organização não possuir uma estrutura organizacional formal do SGE, ela considera-se importante, sendo suportado pela direção para perenidade das ações conforme evidenciado na entrevista.

#### 4.2.6 Auditoria energética

A avaliação desse item tem como objetivo verificar como a organização identificou o perfil de energia e quais são os indicadores. Perguntou-se se o consumo de energia elétrica por processo e/ou edificações, ou mesmo o consumo por unidade de produção é conhecido ou está em andamento e quais são os indicadores de eficiência atuais, e como serão os futuros. Algumas respostas:

- “A auditoria de energia elétrica detalhada está em andamento. As instalações não são preparadas para um monitoramento contínuo de energia” (GE);
- “O levantamento de dados da auditoria foi realizado por uma empresa terceira” (EE);
- “Levantamento do perfil energético de todas as unidades produtivas, assim, priorizar e instalar os medidores onde é maior impactado” (GE);
- “Auditoria inicial, feito por uma manobra por gerador. Desligado o fornecimento pela concessionária e a fábrica inteira desligada. Partiu o gerador, cada unidade produtiva iniciou individualmente, assim, com a variação de corrente de cada área iniciada em sequência estimou-se o consumo de energia elétrica. Mas, não é confiável por ter sido apenas uma vez. Mas, já é melhor por um rateio sem metodologia” (GE).

As respostas apresentadas no questionário (QUADRO 11) revelam que a empresa está em desacordo com as afirmativas, “O perfil de energia elétrica (rateio) condiz com a realidade”, “O rateio do consumo é baseado em informações confiáveis”, “Os indicadores estão de acordo com a realidade de consumo”, “Os indicadores possuem clareza”, “Os dados dos indicadores são informados a todos os colaboradores periodicamente”, “É conhecido o valor da energia elétrica gasta para produzir uma unidade de produto” e “Há indicadores setorizados”.

QUADRO 11 – RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SOBRE AUDITORIA ENERGÉTICA

Questão	Respondentes				Resposta Final
	EE	GE	CS	DE	
32. O perfil de energia elétrica (rateio) condiz com a realidade.	D	D	D	DP	Discorda
33. O rateio do consumo é baseado em informações confiáveis.	D	D	D	DP	Discorda
34. É de conhecimento de todos quais são os maiores consumidores/utilizadores de energia elétrica.	C	C	C	D	Concorda
35. Os indicadores estão de acordo com a realidade de consumo.	C	C	C	D	Concorda
36. Os indicadores possuem clareza.	D	C	D	D	Discorda
37. Os dados dos indicadores são informados a todos os colaboradores periodicamente.	D	D	D	DP	Discorda
38. É conhecido o valor da energia elétrica gasta para produzir uma unidade de produto.	D	D	D	DP	Discorda
39. Existem indicadores financeiros.	C	C	C	D	Concorda
40. Há indicadores setorizados?	D	D	D	D	Discorda

FONTE: O autor (2016).

Há concordância na afirmativa “É de conhecimento de todos quais são os maiores consumidores/utilizadores de energia elétrica”. De acordo com as declarações da entrevista, foi realizada uma auditoria preliminar para identificar os maiores consumidores de energia, partindo com dados aproximados. Os respondentes concordam quanto ao item, “Existem indicadores financeiros”, conclui-se que o custo é conhecido, apenas, através da fatura de energia elétrica. Pois, conforme apresentado na seção 4.2.7, a organização, ainda, está em andamento com a auditoria detalhada, e não possui um sistema de monitoramento que são ferramentas para conhecer os custos mais detalhados.

O resultado do questionário relacionado com a entrevista verifica que a organização realizou uma auditoria preliminar, mas, não possui informações detalhadas. As declarações mostram que a auditoria energética detalhada está em andamento. Os respondentes demonstram reconhecer a importância do conhecimento desses dados para continuidade da implantação das ações.

#### 4.2.7 Monitoramento e controle

Esse tópico tem como objetivo investigar como foi realizada ou a idealização da organização em explorar o monitoramento de energia, utilização de indicadores e metas. Foi perguntando como planejam realizar o monitoramento contínuo de energia e as metas de redução de consumo de energia. As declarações foram:

- “Medidores serão instalados baseados no perfil de energia nos grandes consumidores. Monitorar a qualidade da energia, harmônicos e reativos. Monitorar a energia reativa, pois, atualmente é penalizada” (GE);
- “O sistema de monitoramento possibilitará verificar o rendimento do processo produtivo” (GE);
- “Para área de sustentabilidade, estabelecer indicadores por unidades de produção. Para obter a quantidade de energia para produzir o produto, inclusive para obter dados de gases de efeito estufa” (CS);
- “Com a medição contínua, é possível planejar planos de ações de redução de custo, como troca de tecnologias. Para produzir a mesma coisa com menos energia” (DE);
- “Verificar o consumo ótimo teórico da produção, assim, a meta será atingir a meta evitando desperdícios” (DE).

Os respondentes discordam nas seguintes afirmativas do questionário (QUADRO 12) sobre a empresa: “Existe um sistema de controle de energia”, “O Sistema de monitoramento e controle de energia é informatizado”, “Os valores de consumo são disponíveis para todos os colaboradores”, “As metas de consumo são claras, objetivas, específicas e atingíveis e periodicamente redefinidas” e “Os planos de ações são baseados no monitoramento de energia”.

QUADRO 12 – RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SOBRE MONITORAMENTO E CONTROLE

Questão	Respondentes				Resposta Final
	EE	GE	CS	DE	
41. Existe um sistema de controle de energia.	D	D	D	D	Discorda
42. O Sistema de monitoramento e controle de energia é informatizado.	D	D	D	D	Discorda
43. Os valores de consumo são disponíveis para todos os colaboradores.	D	D	D	DP	Discorda
44. As metas de consumo são claras, objetivas, específicas e atingíveis e periodicamente redefinidas.	D	D	D	DP	Discorda
45. Os planos de ações são baseados no monitoramento de energia.	D	D	D	D	Discorda

FONTE: O autor (2016).

Com base nas respostas do questionário e entrevista, foi evidenciado que a organização não possui um sistema de monitoramento. No entanto, a entrevista apresenta declarações de como idealizam a implantação, demonstrando que a organização reconhece a importância da implantação como parte do SGE.

#### 4.2.8 Política energética

Nesse tópico são abordadas informações quanto a procedimentos e diretrizes formais do SGE na organização. As perguntas foram sobre a existência ou planejamento dos procedimentos específicos para SGE e se há treinamentos. As declarações estão descritas abaixo:

- “Indicadores financeiros e de sustentabilidade poderão ser direcionados para as áreas de interesse” (CS);
- “Transformar num plano, assim, cada responsável por área, definir a quantidade de produção e estabelecerem metas energéticas baseado em indicadores, verificando nas possibilidades de melhorias” (DE);
- “Possibilidade de utilizar os resultados no salário variável. Existir responsáveis com premiação com o retorno do objetivo” (DE);
- “Desdobramento de metas em todos os níveis. Com o entendimento do objetivo” (CS);

- “Existem atualmente recomendações para seguir com equipamentos de alto rendimento e tecnologias mais eficientes. No nível de engenharia já se faz isso” (GE);
- “Como são as pessoas que fazem as ações e estamos num processo de troca de cultura, há pequenas ações na comunicação com divulgações nos informativos das ações e dicas de como ser mais eficiente. Há planos de conscientização para o próximo ano” (CS);
- “Treinar colaboradores por DDS (diálogo diário de segurança) e implantar melhoria no treinamento de integração de novos colaboradores e terceiros. Assim, todos podem conhecer os benefícios e a visão do sistema de gestão de energia” (CS);
- “Possibilidade de inserir pela área de planejamento incluir indicadores junto as áreas, para mostrar isso num nível organizacional. Assim, com os benefícios em evidência, facilita investimentos e planos de ações” (DE);
- “A mudança de tecnologia pode ser englobada como uma medida mais sustentável no ponto de vista ambiental, pois, duram muito mais gerando menos resíduo pro meio ambiente” (DE).

Com base no resultado do questionário (QUADRO 13), os colaboradores discordaram nos itens, “Procedimento formal da gestão de energia”, “Metas são claras e específicas de gestão de energia”, “Existem metas gerenciais baseada nos indicadores”, “Disseminação dos dados de uso e consumo da energia”, “Treinamento periódico da gestão de energia”. Os respondentes concordam no item “Aplicação de boas práticas do uso e consumo de energia”.

Os resultados obtidos no questionário e entrevista revelam que a empresa ainda não possui uma política formalizada. Existe o indício das recomendações de instalação de tecnologias com maior eficiência energética pela engenharia. As respostas da entrevista apresentam evidências de que os colaboradores entendem a importância da organização possuir indicadores de eficiência energética adequados por área de interesse, treinamento, fluxo de informações adequados e recompensas aos colaboradores. Esses itens são parte de uma política energética na indústria.

QUADRO 13 – RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SOBRE POLÍTICA ENERGÉTICA

Questão	Respondentes				Resposta Final
	EE	GE	CS	DE	
46. Procedimento formal da gestão de energia.	D	D	D	DP	Discorda
47. Metas são claras e específicas de gestão de energia.	D	D	D	D	Discorda
48. Existem metas gerenciais baseada nos indicadores.	D	D	D	D	Discorda
49. Disseminação dos dados de uso e consumo da energia.	D	D	D	D	Discorda
50. Treinamento periódico da gestão de energia.	D	D	D	D	Discorda
51. Aplicação de boas práticas do uso e consumo de energia.	C	C	C	C	Concorda

FONTE: O autor (2016).

Além dos itens relacionados ao protocolo de pesquisa, os colaboradores levantaram pontos quanto a transição da cultura organizacional. As declarações afirmam a importância do treinamento, socialização da informação e motivação dos funcionários sugerirem mudanças. Ficou claro que a efetividade da transição cultural ocorre de cima para baixo na organização. Assim, reforça-se que a política energética deve ser suportada pela alta direção. Abaixo algumas declarações:

- “A mudança de cultura tem que ser para todos, mas, o importante é a socialização da informação, principalmente para novos colaboradores e recém-formados sem a percepção, pois, não tem como valor. Assim, a socialização da informação é importante no processo de mudança de cultura, para mostrar o motivo pelo qual está mudando e deixar transparente o colaborar entender que as ações dele são importantes. Assim, desde ações de desligar o interruptor, ele vai levar isto para casa. Assim, mudou a cultura da pessoa. Acho importante a socialização da informação e desdobramento em todo processo” (CS);
- “Acredito que é importante socializar a informação para todos saberem. Os incentivos podem ser feitos, como prêmios para boas ações. Ações como desligar equipamentos ao sair do local. Caso não tenha

dispositivos adequados, estimular que os colaboradores solicitem mudanças. É um processo e leva tempo” (DE);

- “Lembrando de ações do passado que hoje é automático. Exemplo: Cinto de segurança, com a instituição da lei, hoje virou automático utilizar. Então estas ações são efetivas de cima para baixo ou legislação. É a maneira que as coisas acontecem” (GE).

#### 4.2.9 Avaliação de investimento

Este tópico identifica como consiste a seleção e avaliação dos investimentos relacionados a eficiência energética na organização. Abaixo estão as declarações dos colaboradores:

- “A avaliação é pelo VPL, com taxa de retorno. O VPL sendo positivo pode ser implantado. Quanto menor o *payback*<sup>2</sup> é priorizado” (DE);
- “Dentro do fluxo de projeto em avaliação é considerado não apenas o investimento, mas critérios de manutenção e ciclo de vida por exemplo” (DE);
- “Existem critérios implícitos, por exemplo, que geram premiações como mencionados. E esses prêmios os clientes valorizam, principalmente grandes clientes. Eles também requerem que a nossa empresa seja sustentável. Ajuda a ganhar contratos neste tipo de organização. O valor econômico não é por si as vezes o único critério” (DE);
- “O orçamento é flexível na organização, tem a definição geral de quanto investir no ano. Mas, se o projeto no decorrer do ano estiver num nível bom de maturidade e visto os benefícios, pode se investir” (DE).

As respostas do questionário (QUADRO 14) identificam que os colaboradores estão de acordo nos itens, “Existem critérios de seleção de projetos de eficiência”, “O critério principal utilizado para projeto de eficiência energética é o *payback*” e “O projeto de eficiência é uma análise multicritério”.

---

<sup>2</sup> O *payback* utilizado pela organização é o *payback* descontado.



QUADRO 14 – RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SOBRE AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTO

Questão	Respondentes				Resposta Final
	EE	GE	CS	DE	
52. Existem critérios de seleção de projetos de eficiência.	C	C	D	C	Concorda
53. O critério principal utilizado para projeto de eficiência energética é o <i>payback</i> .	C	C	C	C	Concorda
54. O projeto de eficiência é uma análise multicritério.	C	C	D	C	Concorda

FONTE: O autor (2016).

Com base na entrevista e respostas do questionário, a empresa utiliza, principalmente, o VPL e o *payback* como principais critérios. No entanto, critérios com benefícios não energéticos são considerados dentro do VPL do projeto. A empresa reconhece, ainda, a possibilidade de investimentos com critérios como a imagem verde.

#### 4.2.10 Medidas de redução de faturamento

Medidas de redução de faturamento de energia elétrica estão relacionadas às ações de redução do custo da energia. Foi perguntado quais medidas de eficiência de fornecimento de energia que foram realizadas ou estão em andamento. Abaixo são descritas as respostas.

- “Migração para o Mercado Livre, principalmente porque a legislação permitiu essa mudança para consumidores não intensivos. (...) iniciou-se 2015, porém, efetivou-se em agosto. Existe um procedimento burocrático desde a quebra de contrato com a concessionária a novos contratos. Isso leva no mínimo 6 meses. Porém a empresa levou desde a ideia até efetivação quase 1 ano. (...) Redução em torno de 33%. Referenciando a bandeira verde. Principalmente porque o período foi favorável da contratação” (GE);
- “Apesar de a migração ser bem viável, neste período de quase um ano. Uma das ações paliativas. Foi feito o balanço e viabilizou o gerador. Reduziu aproximadamente 15 mil reais” (GE);

- “Foi utilizado os geradores no horário de ponta, onde o custo de energia elétrica é mais caro. Sendo que o custo de manutenção e diesel para esse horário se mostra mais viável” (EE);
- “A empresa está implantando medidas para não pagar multas (energia reativa) (encarregado). Média 3 mil reais mensais” (GE);
- “Poderia ser replicado a utilização de placas fotovoltaicas para iluminação na empresa” (DE).

Os colaboradores estão de acordo com as seguintes afirmativas do questionário (QUADRO 15), “Empresa no mercado livre de energia”, “Ações de redução de custo implantada no horário de ponta”, “Fator de carga ótimo”, “Recebimento de crédito de impostos” e “Multa devido à energia reativa”.

QUADRO 15 – RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SOBRE MEDIDAS DE REDUÇÃO DE FATURAMENTO

Questão	Respondentes				Resposta Final
	EE	GE	CS	DE	
55. Empresa no mercado cativo.	D	D	D	D	Discorda
56. Empresa no mercado livre de energia.	C	C	C	C	Concorda
57. Ações de redução de custo implantada no horário de ponta.	C	C	C	C	Concorda
58. Fator de carga ótimo.	C	C	C	D	Concorda
59. Recebimento de crédito de impostos.	C	C	D	C	Concorda
60. Multa devido à energia reativa.	C	C	C	C	Concorda

FONTE: O autor (2016).

A empresa realizou medidas de redução de faturamento com grandes resultados, principalmente com a migração para o mercado livre, obtendo redução em torno de 30%. A migração levou um ano. Nesse período utilizou-se o gerador de energia de emergência em horário de ponta e conseguiu-se uma redução de custo de 15 mil reais mensais até consolidar a migração. A empresa declara o recebimento de crédito de impostos e a implantação de medidas para não ser mais penalizada em torno de 3 mil reais mensais por gerar energia reativa. Adicionalmente, evidencia-se na entrevista a possibilidade de geração distribuída, conforme explicado na seção 2.10.1.3.

#### 4.2.11 Medidas de eficiência energética

As medidas de eficiência energética são medidas pontuais com o objetivo de reduzir o consumo de energia elétrica e consequentemente reduzir o custo. Para investigar esse item, perguntou-se sobre as melhorias de eficiência energética focada em equipamentos e comportamentais. Algumas respostas:

- “O *retrofit* para iluminação tipo LED do prédio administrativo foi uma. Mas, está no aguardo da finalização da auditoria de energia elétrica para continuar as ações” (GE);
- “Foi chamado fornecedor para possibilidade de utilizar energia elétrica para o forno. Ainda não viável na empresa, a baixa insolação não viabilizou” (EE);
- “Estudar individualmente as tecnologias, para viabilizar investimentos e trocas. Como troca de motores de alto rendimento” (DE).

QUADRO 16 – RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SOBRE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Questão	Respondentes				Resposta Final
	EE	GE	CS	DE	
61. Investimentos realizados ou em andamento em novas tecnologias de eficiência energética.	C	C	C	C	Concorda
62. Medidas realizadas ou em andamento em tecnologia existente.	C	C	C	C	Concorda
63. Medidas realizadas ou em andamento em sistemas de controle nos equipamentos existentes.	C	C	C	C	Concorda
64. Medidas realizadas ou em andamento, baseadas em comportamento na utilização de equipamentos, foco em evitar desperdício e economia.	C	C	C	D	Concorda
65. Medidas realizadas ou em andamento e troca de motores elétricos de alto rendimento.	C	C	C	C	Concorda
66. Medidas realizadas ou em andamento focada em eliminar vazamentos de ar.	C	C	C	D	Concorda
67. Medidas realizadas ou em andamento em ventilação e/ou ar-condicionado.	C	C	C	D	Concorda
68. Medidas realizadas ou em andamento em iluminação.	C	C	C	C	Concorda

FONTE: O autor (2016).

A consolidação das respostas do questionário (QUADRO 16) apresenta que os colaboradores estão de acordo com as afirmações, “Investimentos realizados ou em andamento em novas tecnologias de eficiência energética”, “Medidas realizadas ou em andamento em tecnologia existente”, “Medidas realizadas ou em andamento baseadas em comportamento na utilização de equipamentos”, “foco em evitar desperdício e economia”, “Medidas realizadas ou em andamento e troca de motores elétricos de alto rendimento”, “Medidas realizadas ou em andamento focada em eliminar vazamentos de ar”, “Medidas realizadas ou em andamento em ventilação e/ou ar-condicionado”, “Medidas realizadas ou em andamento em iluminação”.

Portanto, a empresa reconhece que as tecnologias e opções que a literatura apresenta são verdadeiras. A troca para tecnologia LED foi realizada e existe o desejo de migrar para outras tecnologias, como motores de alto rendimento. No tópico auditoria energética (seção 4.2.6), a empresa declarou que terceirizou a auditoria detalhada, mostrando buscar *know-how* externo, sendo um dos caminhos para busca de eficiência energética, conforme descrito na seção 2.11.

#### 4.3 AVALIAÇÃO DO MÉTODO SELECIONADO APLICADO A UMA INDÚSTRIA BRASILEIRA DO SETOR DE EXPLOSIVOS

Nesse tópico foi avaliado o MCI descrito na seção 2.3.1 em relação à condução de implantação do SGE pela empresa brasileira. Para isto foi identificado o fluxo de de implantação da organização e posteriormente esse fluxo foi comparado com o MCI a fim de identificar as vantagens e desvantagens do método.

A identificação do fluxo de implantação pela organização e sistematizados em passos é apresentado no QUADRO 17. Para sequenciar a implantação, foram selecionadas as respostas do questionário e as declarações da entrevista identificados na seção 4.2 que mais se relacionam com cada passo. Dessa forma, foi possível verificar quais ações foram realizadas, quais estão em andamento ou ainda não executadas. Inclusive, permitiu identificar como a empresa idealiza conduzir os próximos passos de implantação do SGE.

QUADRO 17 – FLUXO DE IMPLANTAÇÃO DO SGE REALIZADA PELA EMPRESA

Passo	Área SGE	Respostas nas Entrevista	Questionário	Resposta Final	Comentário
1	Fatores de Motivação	“Aumento do custo da energia elétrica nos últimos dois anos” (GE).	2. Aumento das tarifas de energia elétrica.	C	A decisão estratégica pela gerência quanto a implantação do SGE surgiu com a necessidade de reduzir custos de energia elétrica e a cultura do novo acionista.
		“Mudança de cultura devido ao novo acionista” (DE).	13. Motivação gerada pela gerência.	C	
	Barreiras	“A visão da empresa brasileira não contemplava o foco em sustentabilidade caso não gerasse impactos financeiros imediatos” (DE).	27. Falta de conscientização da gerência sobre os benefícios do sistema de gestão de energia elétrica	C	
		“A empresa foi adquirida pelo grupo externo, assim, focando em outras prioridades. O custo da energia estava dentro do orçamento ainda” (CS).			
2	Estrutura Organizacional	-	28. Há um gerente responsável pela gestão de energia elétrica.	D	Não há uma estrutura organizacional formal do time de gestão de energia. Mas, existe um colaborador responsável pela condução da implantação das ações.
			30. Há um colaborador responsável pela gestão de energia elétrica.	C	
			31. A estrutura organizacional é clara quanto aos responsáveis pela gestão de energia elétrica.	D	
3	Auditoria energética	“Auditoria inicial, feito por uma manobra por gerador. (...) Mas, não é confiável por ter sido apenas uma vez.” (GE).	32. O perfil de energia elétrica (rateio) condiz com a realidade.	D	Não é conhecido o perfil energético precisamente. Foi realizado a auditoria preliminar para entendimento inicial do uso e consumo da energia.

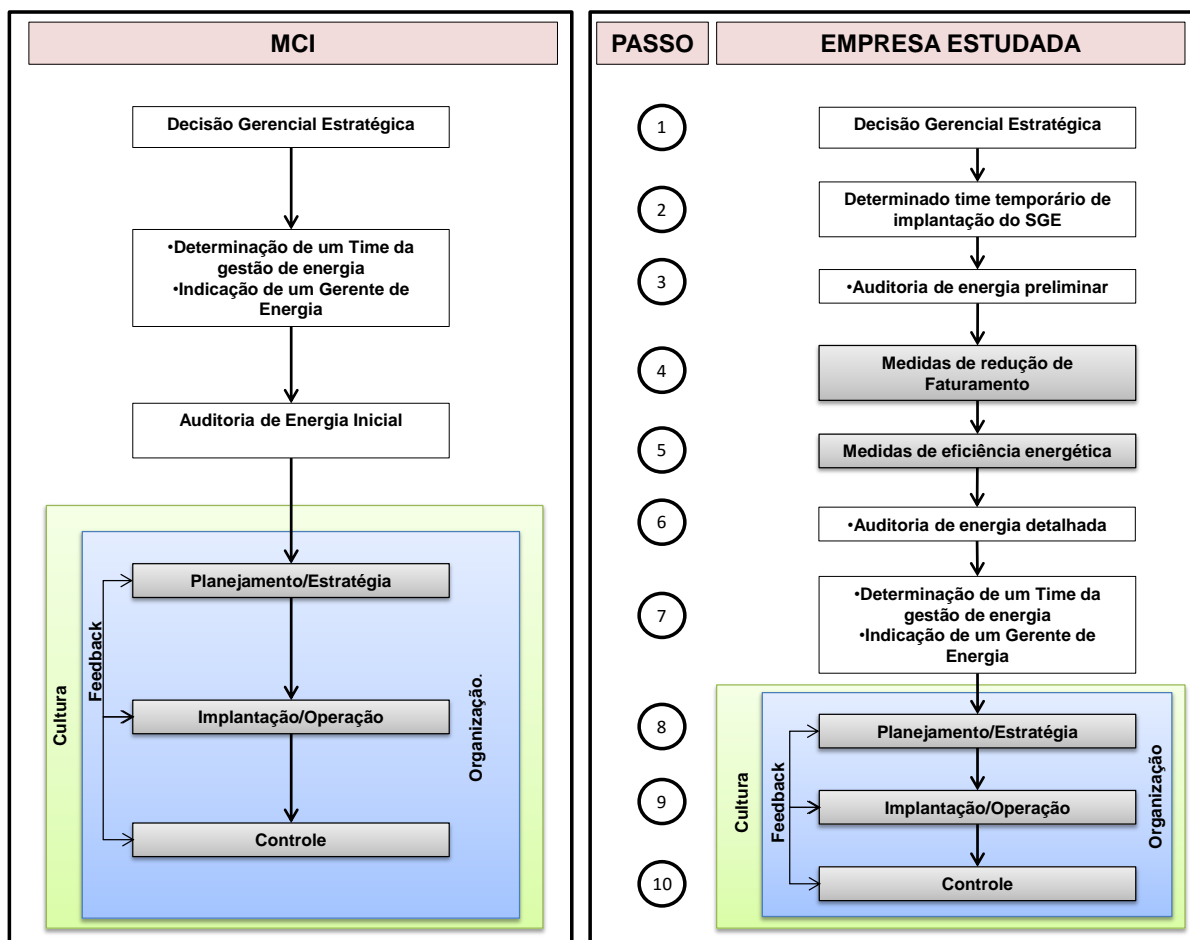
4	Medidas de redução de Faturamento	“Migração para o Mercado Livre, (...) iniciou-se 2015, porém, efetivou-se em agosto. (...) Redução em torno de 33%.” (GE).	56. Empresa no mercado livre de energia.	C	Medidas de faturamento em andamento. Foram realizadas medidas baseadas pela análise da auditoria preliminar. As ações relativas a esse item alcançaram redução do custo em mais de 30%.
			57. Ações de redução de custo implantada no horário de ponta.	C	
		“(…) Uma das ações paliativas. Foi feito o balanço e viabilizou o gerador (...). Reduziu aproximadamente 15 mil reais” (GE).	59. Recebimento de crédito de impostos.	C	
			60. Multa devido à energia reativa.	C	
5	Medidas de Eficiência Energética	“O retrofit para iluminação tipo LED do prédio administrativo foi uma. Mas, está no aguardo da finalização da auditoria de energia elétrica para continuar as ações” (GE).	62. Medidas realizadas ou em andamento em tecnologia existente.	C	Medidas de eficiência energética em andamento. Foi realizado medidas de rápida implantação.
6	Auditoria energética	“A auditoria de energia elétrica detalhada está em andamento. As instalações não são preparadas para um monitoramento contínuo de energia” (GE).	38. É conhecido o valor da energia elétrica gasta para produzir uma unidade de produto.	D	Auditoria energética em andamento. A empresa reconhece que é necessário conhecer detalhadamente o consumo e uso da energia. Assim, possibilitará a instalação de um sistema de medição e controle e seguir com a implantação do SGE.
		“Levantamento do perfil energético de todas as unidades produtivas, assim, priorizar e instalar os medidores onde é maior impactado” (GE).	40. Há indicadores setorizados?	D	
7	Estrutura Organizacional	“Planejamos por supervisores de área” (CS).	-	-	A empresa reconhece que será necessário definir responsáveis pela gestão de energia.
		“Deve ser suportado pela direção” (DE).			

8	Política Energética	“Transformar num plano, assim, cada responsável por área, definir a quantidade de produção e estabelecerem metas energéticas baseado em indicadores, verificando nas possibilidades de melhorias” (DE).	46. Procedimento formal da gestão de energia.	D	Não há uma política energética formal. Mas, a empresa reconhece que deverá transformar em um plano formal a gestão de energia.
		“Desdobramento de metas em todos os níveis. Com o entendimento do objetivo” (CS).	47. Metas são claras e específicas de gestão de energia.	D	
9	Monitoramento e Controle	“Com a medição contínua, é possível planejar planos de ações de redução de custo, como troca de tecnologias. Para produzir a mesma coisa com menos energia” (DE).	-	-	A empresa planeja controlar e implantar ações para a redução contínua de energia.
10	Monitoramento e Controle	“Medidores serão instalados baseados no perfil de energia nos grandes consumidores. Monitorar a qualidade da energia, harmônicos e reativos. Monitorar a energia reativa, pois, atualmente é penalizada” (GE).	41. Existe um sistema de controle de energia.	D	Apesar da empresa não possui um sistema de monitoramento e controle, ela reconhece a necessidade de definir indicadores para seu monitoramento.
		“Para área de sustentabilidade, estabelecer indicadores por unidades de produção. Para obter a quantidade de energia para produzir o produto, inclusive para obter dados de gases de efeito estufa” (CS).	42. O Sistema de monitoramento e controle de energia é informatizado.	D	

FONTE: O autor (2016).

Para avaliar a proposta do MCI em comparação com o fluxo de implantação da empresa estudada partiu-se da análise qualitativa de cada passo tanto da empresa quanto do MCI e assim verificou-se as vantagens e desvantagens. Os passos identificados no QUADRO 17 e na proposta do MCI estão apresentados na FIGURA 11 em forma de fluxo.

FIGURA 11 – COMPARAÇÃO DO MCI EM RELAÇÃO AO CASO ESTUDADO



FONTE: O autor (2016).

Considerando o MCI e os resultados deste estudo pode-se concluir que a decisão estratégica é fundamental para o início da implantação do SGE. O MCI sugere definir o time da gestão de energia em seguida da decisão estratégica. A organização estudada compreendeu que seria um projeto e deveria ser conduzido pelo time de gestão de projetos. A formalização dos responsáveis pelos custos e consumos pela organização traz várias vantagens (MARTIN et al., 2012; Blass et al., 2014). Conclui-se que a organização estudada, possivelmente, obteria mais resultados se a equipe de energia ou comitê fosse definido inicialmente.



A auditoria inicial é o próximo passo de acordo com o MCI. A organização optou por fazer uma auditoria preliminar para ganhar tempo e seguir com medidas de fácil implantação de faturamento e de eficiência energética. A auditoria energética descrita na seção 2.5 descreve os benefícios da auditoria preliminar que ajuda a identificar oportunidades de fácil implantação (JAVIED; RACKOW; FRANKE, 2015). Medidas de redução do faturamento de energia elétrica não demandam um profundo conhecimento dos fluxos de consumo de energia (BATISTA, 2013). Essas ações estão vinculadas à legislação e ao sistema de faturamento do Brasil. Para acelerar a redução dos custos, esse caminho demonstrou bons resultados por parte da organização.

A empresa estudada declara que o próximo passo seria concluir o estudo da auditoria detalhada, posteriormente determinar o time da gestão de energia e seguir com os demais passos que são idênticos à proposta do MCI, sendo o planejamento/estratégia, implantação/operação e controle suportado pela cultura e a organização.

#### 4.4 PROPOSTA DE MELHORIA DO MCI PARA O CENÁRIO ESTUDADO

Neste tópico é apresentado uma proposta de melhoria do MCI conforme ilustrado na FIGURA 12. Para elaboração da melhoria tomou-se como base a avaliação do MCI em relação à condução de implantação na empresa estudada apresentada na seção 4.3, limitando-se a essa empresa e ao cenário econômico em que se encontra o país.

O MCI e a condução de implantação realizada pela empresa possuem similaridades quanto a decisão estratégica. A organização iniciou a implantação com o time de gestão de projetos em vez de equipe da gestão de energia ou comitê definitivo, esse foi um ponto de vantagem do MCI. Com a definição dos responsáveis finais desde a implantação, permitiria aumentar o número de oportunidades de melhorias, visto que esses responsáveis seriam geridos por resultados.

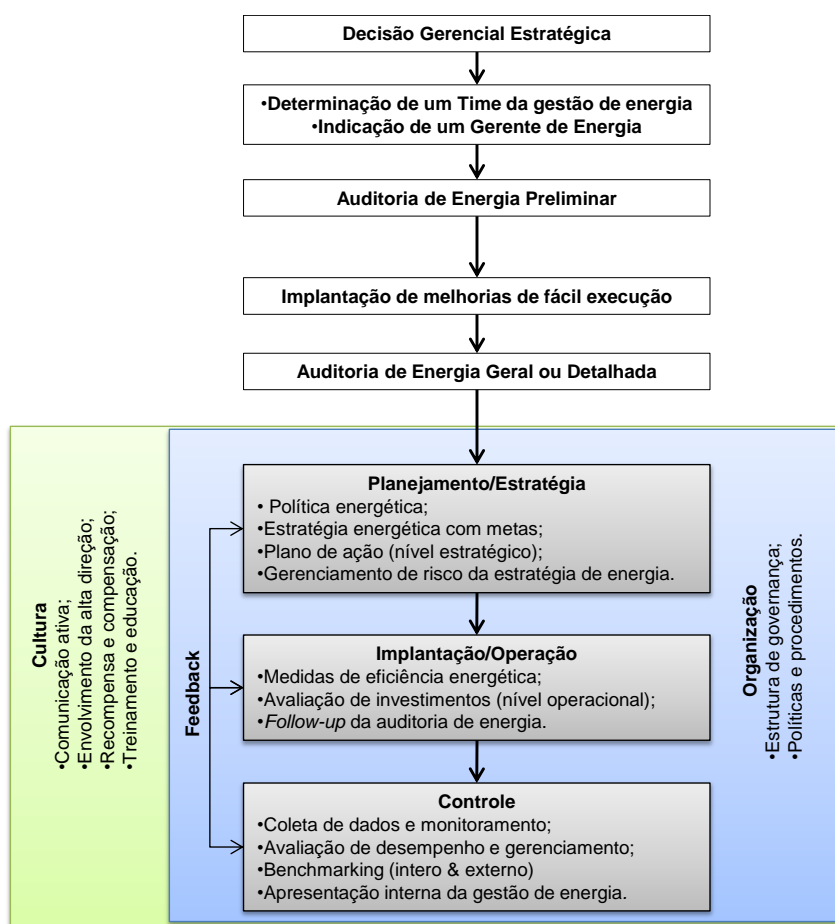
O MCI sugere a auditoria inicial como próximo passo, mas, a organização seguiu com uma auditoria preliminar e seguiu com ações de fácil implantação, principalmente relativas ao faturamento. Apesar de a organização não seguir uma metodologia específica de implantação do SGE, este é um ponto positivo para a forma de condução da empresa, pois gera resultados com maior rapidez. O passo de

auditoria preliminar sugerido pelas normas DIN EN 16247-1:2012 e ISO 50002:2014 e foi incluído na proposta de melhoria do MCI.

Outro ponto positivo para a forma de condução da organização, foi o passo implantação de medidas de fácil execução, principalmente relativos à redução de faturamento. Este passo aplica-se para indústrias que possuem perfis de consumo e sistema tarifário similares à empresa estudada. As características dessas ações aplica-se ao sistema tarifário de energia elétrica do Brasil. Os estudos que trazem essas medidas são as pesquisas como de Frozza et al. (2012) e Batista (2013).

Posteriormente, a proposta de melhoria constitui em seguir com a auditoria detalhada, pois com o conhecimento detalhado dos fluxos de consumo de energia é possível seguir com a definição dos indicadores, sistema de monitoramento e controle e Política de energia. Os demais passos são similares com a proposta do MCI, elementos Planejamento/estratégia, implantação/operação e controle suportado pela cultura e a organização.

FIGURA 12 – PROPOSTA DE MELHORIA DO MCI



FONTE: O autor (2016).

As principais adequações do MCI foram a explicitação de uma auditoria preliminar seguida do passo ações de fácil execução. Desta forma, as empresas brasileiras que possuam perfis de energia e sistema tarifário similares da empresa estudada e sigam os passos descritos na proposta de melhoria, possivelmente, obtenham reduções de custos em energia elétrica com maior rapidez.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa seção tem como objetivo apresentar o resumo em relação aos objetivos, à conclusão e à proposição de futuros trabalhos.

### 5.1 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DA PESQUISA

Para atingir o objetivo geral proposto e atender à problemática de pesquisa, foram definidas atividades que estão abaixo resumidas. Em cada um dos objetivos específicos, foram utilizados distintos métodos.

Para alcançar o primeiro objetivo “Analisar normas, padrões e métodos de implantação de sistema de gestão de energia utilizados na indústria” foi analisada sistematicamente a literatura sobre gestão de energia elétrica na indústria. Nessa etapa foram definidas as palavras chaves e bases eletrônicas de busca. Conforme apresentado no capítulo 2, foram selecionados 79 artigos relevantes para este estudo, os 18 que melhor abordam cada tópico dessa pesquisa (QUADRO 2) e os nove principais trabalhos correlatos a partir de 2013 quanto às propostas do SGE são apresentados na seção 1.3.1, (QUADRO 1).

O segundo objetivo “Selecionar um método de implantação do sistema de gestão de energia elétrica aplicável a uma indústria brasileira do setor de explosivos”. Primeiramente foram relacionados 18 métodos encontrados na pesquisa sistemática a partir de 2011. A segunda etapa foi selecionar um método dentre os 18 encontrados na literatura, com base em uma análise qualitativa suportado por critérios de seleção. Foram definidos critérios como o método de pesquisa utilizado, descrição de melhores práticas, atualidade e relevância dos autores, conforme apresentado na seção 2.3. A proposta do MCI por Schulze et al. (2016) foi o selecionado, principalmente, pela rigorosa revisão bibliográfica e a minuciosa descrição das melhores práticas que estão relatadas na seção 2.3.1.

O terceiro objetivo “Avaliar o método selecionado em um estudo de caso em uma indústria brasileira do setor de explosivos” foi dividido em 3 etapas:

- Definir critérios de seleção da empresa (seção 3.2), elaborar o protocolo de pesquisa e os instrumentos de coleta de dados baseado no referencial teórico (seções 3.2 e 3.6). Posteriormente planejar como seguiria a sistematização dos dados (seção 3.7).

- A partir da análise documental, entrevistar os quatro integrantes do time do SGE da empresa estudada por meio de grupo focado, com aplicação do questionário, e a coleta dos dados para sistematização e análise dos dados apresentados (seção 4.2).
- Para a análise do método proposto comparar com a empresa estudada e o referencial teórico do SGE apresentado no capítulo 2, sistematizando o fluxo da implantação pela organização e comparando com o MCI, identificar vantagens tanto do MCI quanto da forma conduzida pela organização (seção 4.3).

O último objetivo “Propor melhoria do método selecionado aplicado em uma indústria brasileira do setor de explosivos”, foi elaborado através da avaliação do MCI em relação à condução da implantação na empresa estudada, conforme apresentado na seção 4.3.1. Desta forma, sugere-se a melhoria do MCI (FIGURA 12) em que explicita-se a auditoria preliminar e medidas de fácil execução, assim, as organizações brasileiras, possivelmente, obtenham reduções de custos em energia com maior rapidez.

## 5.2 CONCLUSÕES

Neste estudo, apresenta-se uma revisão sistemática da literatura sobre SGE, a seleção do método que auxilia a implantação do SGE na indústria e a proposta de melhoria do método selecionado aplicado a uma indústria brasileira do setor de explosivos.

Partiu-se de uma pesquisa sistemática, foram identificados 18 diferentes estudos que apresentam métodos de implantação do SGE. Por meio de uma análise qualitativa, o MCI foi o selecionado para ser aplicado em um estudo de caso. O método destaca-se pela atualidade, relevância do periódico e sua metodologia de pesquisa baseada em uma rigorosa revisão bibliográfica de 1979 a 2014. Além disso, os autores apresentam centenas de citações em pesquisa na área de energia reforçando a relevância da proposta.

Foi realizado um estudo de caso, a fim de avaliar a proposta MCI aplicada à uma indústria brasileira do setor de explosivos. Identificou-se o fluxo de implantação

do SGE realizado na organização e comparou-se com a proposta do MCI. Averiguou-se que a empresa não havia o SGE implantado na totalidade e não seguiu uma metodologia específica.

Assim, permitiu verificar os benefícios, similaridades e divergências do método. A empresa diferenciou-se, principalmente, por seguir com auditoria preliminar e implantação de medidas de fácil implantação: ações principalmente vinculadas ao faturamento de energia elétrica que são ligadas a legislação e ao sistema tarifário brasileiro. A organização declarou que as medidas implantadas reduziram em mais de 30% o custo com energia elétrica.

Este estudo apresenta uma proposta de melhoria do MCI aplicado ao cenário estudado, onde medidas ligadas ao faturamento de energia elétrica são relevantes. A adaptação dá-se pela explicitação da auditoria preliminar e execução de medidas que não necessitam um conhecimento aprofundado dos fluxos e consumos de energia. Como resultado, as empresas brasileiras que utilizem o método proposto, possivelmente, podem obter reduções de custos em energia elétrica com maior rapidez.

Este estudo contribui, academicamente, com uma avaliação do método proposto para aplicação em uma indústria. Para o meio corporativo, como uma alternativa para aumentar a competitividade da produção industrial brasileira por meio da redução do custo de energia elétrica.

Para superar as barreiras à eficiência energética e efetividade da implantação do SGE na indústria brasileira, foi proposta a melhoria do método selecionado aplicado a uma indústria de explosivos. A limitação desta pesquisa está na avaliação em um único estudo de caso. Sugere-se como futuras pesquisas avaliar o método de implantação proposto nesse estudo em diferentes tipos de indústrias brasileiras.

## REFERÊNCIAS

ABDELAZIZ, E. A.; SAIDUR, R.; MEKHILEF, S. A review on energy saving strategies in industrial sector. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** v. 15, n. 1, p. 150–168, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.003>>. Acesso em 10/04/16.

ABESCO - Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Conservação de Energia. **O que é uma ESCO?**. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/>>. Acesso em: 03/07/16.

ALVES, Cláudio Filipe Vieira. **Plano de eficiência energética numa unidade industrial**. 125 f. Dissertação (Mestrado em Energia) - Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2009. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59173/1/000135919.pdf>>. Acesso em 10/04/16.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Geração distribuída**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 03/07/16.

ANTUNES, Pedro; CARREIRA, Paulo; SILVA, Miguel Mira da. Towards an energy management maturity model. **Energy Policy** v. 73, p. 803–814, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2014.06.011>>. Acesso em 10/04/16.

ARAGÓN, Carolina Salazar. **Identificação, avaliação e gestão de risco de investimentos em eficiência energética**. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, 2011. Disponível em: <<http://saturno.unifei.edu.br/bim/0038653.pdf>>. Acesso em 10/04/16.

ARAGÓN, Carolina Salazar; PAMPLONA, Edson; MEDINA, Juan Ricardo Vidal. Identificação de investimentos em eficiência energética e sua avaliação de risco. **Gestão & Produção** v. 20, p. 525–536, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2013000300003>>. Acesso em 10/04/16.

Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUM). **Necessidades da indústria química**. Disponível em: <<http://canais.abiquim.org.br/pacto/necessidades.asp>>. Acesso em: 19/06/16.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 50001:2011**: Sistemas de Gestão de Energia - Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: Associação Brasileira De Normas Técnicas - ABNT, 2011.

Associação Brasileira De Engenharia De Produção (ABEPRO). **Áreas e Sub-áreas de Engenharia de Produção**. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/interna.asp?c=362>>. Acesso em: 27/03/16.

ATES, Seyithan Ahmet; DURAKBASA, Numan M. Evaluation of corporate energy management practices of energy intensive industries in Turkey. **Energy** v. 45, n. 1, p. 81–91, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2012.03.032>>. Acesso em 10/04/16.

AVELLA, Juan Carlos Campos *et al.* **Herramientas para el análisis de caracterización de la eficiencia energética**. Colômbia: Unidad De Planeación Minero Energética (UPME), 2006.

BACKLUND, Sandra *et al.* Extending the energy efficiency gap. **Energy Policy** v. 51, p. 392–396, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2012.08.042>>. Acesso em 10/04/16.

BARROS, Regiane Silva De. **Caracterização do uso da energia elétrica em empresas do segmento metalúrgico e perspectivas de ganhos de eficiência em sua utilização**. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Comissão de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e Planejamento de sistemas energéticos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000789863>>. Acesso em 10/04/16.

BATISTA, Oureste Elias. **Redução do custo da energia elétrica em ambientes industriais por meio de uma estratégia de baixo custo em gestão energética**. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18153/tde-29042013-113138/pt-br.php>>. Acesso em 10/04/16.

BCG - The Boston Consulting Group. **Índice global de competitividade de custo de produção**. Disponível em: <[https://www.bcgperspectives.com/content/interactive/lean\\_manufacturing\\_globalization\\_bcg\\_global\\_manufacturing\\_cost\\_competitiveness\\_index](https://www.bcgperspectives.com/content/interactive/lean_manufacturing_globalization_bcg_global_manufacturing_cost_competitiveness_index)>. Acesso em: 27/03/2016

BEN 2015. **Balanço energético nacional**. 1. ed. Rio de Janeiro: EPE (Empresa de Pesquisa Energética), 2015.

BLASS, Vered *et al.* Top management and the adoption of energy efficiency practices: Evidence from small and medium-sized manufacturing firms in the US. **Energy** v. 65, p. 560–571, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2013.11.030>>. Acesso em 10/04/16.

BNDS - Banco Nacional do Desenvolvimento. **BNDES Finem - linha Eficiência Energética**. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/>>. Acesso em: 03/07/16.



BRUNKE, Jean Christian; JOHANSSON, Maria; THOLLANDER, Patrik. Empirical investigation of barriers and drivers to the adoption of energy conservation measures, energy management practices and energy services in the Swedish iron and steel industry. **Journal of Cleaner Production** v. 84, n. 1, p. 509–525 , 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.04.078>>. Acesso em 10/04/16.

BUNSE, Katharina *et al.* Integrating energy efficiency performance in production management - Gap analysis between industrial needs and scientific literature. **Journal of Cleaner Production** v. 19, n. 6-7, p. 667–679 , 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.11.011>>. Acesso em 10/04/16.

CAGNO, E. *et al.* A novel approach for barriers to industrial energy efficiency. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** v. 19, p. 290–308 , 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.007>>. Acesso em 10/04/16.

CAGNO, Enrico *et al.* Barriers and drivers for energy efficiency: Different perspectives from an exploratory study in the Netherlands. **Energy Conversion and Management** v. 102, p. 26–38 , 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2015.04.018>>. Acesso em 10/04/16.

CAGNO, Enrico; RAMIREZ-PORTILLA, Andres; TRIANNI, Andrea. Linking energy efficiency and innovation practices: Empirical evidence from the foundry sector. **Energy Policy** v. 83, p. 240–256 , 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421515000968>>. Acesso em 10/04/16.

CAGNO, Enrico; TRIANNI, Andrea. Evaluating the barriers to specific industrial energy efficiency measures: An exploratory study in small and medium-sized enterprises. **Journal of Cleaner Production** v. 82, p. 70–83 , 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.057>>. Acesso em 10/04/16.

CEN; CENELEC. **DIN prEN 16247-1 2011: Energy Audits - Part 1: General Requirements**. European Commission 2011. Brussels, 2012.

CHAI, Kah Hin; YEO, Catrina. Overcoming energy efficiency barriers through systems approach-A conceptual framework. **Energy Policy** v. 46, p. 460–472 , 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2012.04.012>>. Acesso em 10/04/16.

CHIU, Tsung-Yung; LO, Shang-Lien; TSAI, Yung-Yin. Establishing an Integration-Energy-Practice Model for Improving Energy Performance Indicators in ISO 50001 Energy Management Systems. **Energies** v. 5, n. 12, p. 5324–5339 , 2012. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1996-1073/5/12/5324/>>. Acesso em 10/04/16.

CLÍMACO, Fernando Gomes. **Gestão de Consumidores Livres de Energia Elétrica**. 113 f. Dissertação (Mestrado em Energia) - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Univesidade de São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-07062011-154423/pt-br.php>>. Acesso em 10/04/16.

COPEL. **Programa de Eficiência energética**. Disponível em: <<http://www.copel.com/>>. Acesso em: 03/07/16.

DÖRR, Marcus; WAHREN, Sylvia; BAUERNHANS, Thomas. Methodology for energy efficiency on process level. **Procedia CIRP** v. 7, p. 652–657, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2013.06.048>>. Acesso em 10/04/16.

EIA - Energy Information Administration. **Annual Energy Outlook 2015 (AEO2015)**. 1. ed. Washington: Office of Integrated and International Energy Analysis, 2015.

EIA - Energy Information Administration. **Brazil, International energy data and analysis**. 1. ed. Washington: Office of Integrated and International Energy Analysis, 2015.

EVO. **Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance**. 1. ed. Toronto: Efficiency Valuation Organization, 2012.

FERNANDEZ, Mayela; LI, Lin; SUN, Zeyi. “just-for-Peak” buffer inventory for peak electricity demand reduction of manufacturing systems. **International Journal of Production Economics** v. 146, n. 1, p. 178–184, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.06.020>>. Acesso em 10/04/16.

FILHO, Adiel Teixeira de Almeida; COSTA, Ana Paula Cabral Seixas Da. Um modelo de otimização para priorização em planejamento de Sistemas de Informação. **Produção** v. 20, n. 2, p. 265–273, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-65132010000200011&lng=pt&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132010000200011&lng=pt&nrm=iso&tlng=en)>. Acesso em 10/04/16.

FIRJAN, Sistema. **Quanto custa a energia elétrica para a indústria no Brasil**. n. 8. Rio de Janeiro: Sistema Firjan, 2011.

FIRJAN - Federação das indústrias do estado do Rio de Janeiro. **Custo da energia elétrica industrial no Brasil**. Disponível em: <<http://www.firjan.com.br/quantocustaenergia/>>. Acesso em: 31/07/2015.

FIRJAN, Sistema. **Perspectivas do custo da energia elétrica para a indústria no Brasil em 2014 e 2015**. 1. ed. Rio de Janeiro: Sistema Firjan, 2014.

FLEITER, Tobias *et al.* The German energy audit program for firms-a cost-effective way to improve energy efficiency? **Energy Efficiency** v. 5, n. 4, p. 447–469 , 2012. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12053-012-9157-7>>. Acesso em 10/04/16.

FLEITER, Tobias; SCHLEICH, Joachim; RAVIVANPONG, Ployplearn. Adoption of energy-efficiency measures in SMEs-An empirical analysis based on energy audit data from Germany. **Energy Policy** v. 51, p. 863–875 , 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2012.09.041>>.0301-4215. Acesso em 10/04/16.

FLEITER, Tobias; WORRELL, Ernst; EICHHAMMER, Wolfgang. Barriers to energy efficiency in industrial bottom-up energy demand models - A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** v. 15, n. 6, p. 3099–3111 , 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2011.03.025>>. Acesso em 10/04/16.

FROZZA, Janquiel Fernando *et al.* Metodologia de Implantação de um sistema de Gestão de Energia Utilizando ABNT NBR ISO 50001. **Congresso nacional de excelência em gestão** , 2012. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/2423308-Metodologia-de-implantacao-de-um-sistema-de-gestao-de-energia-utilizando-abnt-nbr-iso-50001.html>>. Acesso em 10/04/16.

GIACONE, E.; MANCÒ, S. Energy efficiency measurement in industrial processes. **Energy** v. 38, n. 1, p. 331–345 , 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2011.11.054>>. Acesso em 10/04/16.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GODOI, José Maria Alves. **Eficiência energética industrial: um modelo de governança de energia para a indústria sob requisitos de sustentabilidade**. 127 f. Dissertação (Mestrado Em Ciências) - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-10082011-002253/pt-br.php>>. 9788578110796. Acesso em 10/04/16.

GONG, Xu *et al.* A generic method for energy-efficient and energy-cost-effective production at the unit process level. **Journal of Cleaner Production** p. 1–15 , 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.020>>. Acesso em 10/04/16.

GOPALAKRISHNAN, Bhaskaran *et al.* A structured approach for facilitating the implementation of ISO 50001 standard in the manufacturing sector. **Sustainable Energy Technologies and Assessments** v. 7, p. 154–165 , 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.seta.2014.04.006>>. Acesso em 10/04/16.

HASANBEIGI, Ali; PRICE, Lynn. A review of energy use and energy efficiency technologies for the textile industry. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** v. 16, n. 6, p. 3648–3665 , 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.03.029>>. Acesso em 10/04/16.

HENNING, Dag; TRYGG, Louise. Reduction of electricity use in Swedish industry and its impact on national power supply and European CO2 emissions. **Energy Policy** v. 36, n. 7, p. 2330–2350 , 2007.

INEE - Instituto Nacional de Eficiência Energética. **O que é geração distribuída**. Disponível em: <<http://www.inee.org.br/f>>. Acesso em: 03/07/16.

INTRONA, Vito *et al.* Energy Management Maturity Model: An organizational tool to foster the continuous reduction of energy consumption in companies. **Journal of Cleaner Production** v. 83, p. 108–117 , 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.001>>. Acesso em 10/04/16.

JAVIED, T.; RACKOW, T.; FRANKE, J. Implementing Energy Management System to Increase Energy Efficiency in Manufacturing Companies. **Procedia CIRP** v. 26, p. 156–161 , 2015. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212827114008701>>. Acesso em 10/04/16.

JOVANOVIĆ, Bojana; FILIPOVIĆ, Jovan. ISO 50001 standard-based energy management maturity model – proposal and validation in industry. **Journal of Cleaner Production** v. 112, p. 2744–2755 , 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615014079>>. Acesso em 10/04/16.

LUNELLI, R. L. **Créditos de ICMS - Energia elétrica**. Disponível em: <<http://www.portaltributario.com.br/artigos/creditoicmsenergia.htm>>. Acesso em: 27/03/2016.

KINDSTRÖM, Daniel; OTTOSSON, Mikael; THOLLANDER, Patrik. Driving forces for and barriers to providing energy services—a study of local and regional energy companies in Sweden. **Energy Efficiency** , 2016. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s12053-016-9437-8>>. Acesso em 10/04/16.

KRALIKOVA, Ruzena; ANDREJIOVA, Miriam; WESSELY, Emil. Energy saving techniques and strategies for illumination in industry. **Energy Procedia** v. 100, n. C, p. 187–195 , 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.01.357>>. Acesso em 10/04/16.

LEE, Dasheng; CHENG, Chin-Chi. Energy savings by energy management systems: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** v. 56, p. 760–777 , 2016. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032115013349>>. Acesso em 10/04/16.

LOPES, F. M. G. **ESCO Energy Audit – SONAE Indústria**. 78 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Energia) - Mestrado de Engenharia elétrica e Ciências da Computação, Universidade do Porto, Porto, 2012. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/65580>>. Acesso em 10/04/16.

MARINS, Divanil. **Transferência de Tecnologia para Gerenciar a Eficiência Energética na Indústria SGS Ltda**. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2010. Disponível em: <<http://www.pg.utfpr.edu.br/dirppg/ppgep/dissertacoes/arquivos/171/Dissertacao.pdf>>. Acesso em 10/04/16.

MARTIN, Ralf *et al.* Anatomy of a paradox: Management practices, organizational structure and energy efficiency. **Journal of Environmental Economics and Management** v. 63, n. 2, p. 208–223, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0095069611001185>>. Acesso em 10/04/16.

MAY, Gökan *et al.* Energy management in production: A novel method to develop key performance indicators for improving energy efficiency. **Applied Energy** v. 149, p. 46–61, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261915003578>>. Acesso em 10/04/16.

MEATH, Cristyn; LINNENLUECKE, Martina; GRIFFITHS, Andrew. Barriers and motivators to the adoption of energy savings measures for small- and medium-sized enterprises (SMEs): The case of the ClimateSmart Business Cluster program. **Journal of Cleaner Production** v. 112, p. 3597–3604, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615011762>>. Acesso em 10/04/16.

Mercado Livre de Energia. **Visão Geral**. Disponível em: <<http://www.mercadolivredeenergia.com.br/>>. Acesso em: 07/08/16.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick *et al.* **Metodologia de Pesquisa**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

MORALES, Clayton. **Indicadores de consumo de energia elétrica como ferramentas de apoio à gestão: Classificação por prioridades de atuação na Universidade de São Paulo**. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-10012008-101817/pt-br.php>>. Acesso em 10/04/16.

NEHLER, Therese; RASMUSSEN, Josefine. How do firms consider non-energy benefits? Empirical findings on energy-efficiency investments in Swedish industry. **Journal of Cleaner Production** v. 113, p. 472–482, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615017369>>. Acesso em 10/04/16.

NGAI, E. W T *et al.* Energy and utility management maturity model for sustainable manufacturing process. **International Journal of Production Economics** v. 146, n. 2, p. 453–464, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527312005105>>. Acesso em 10/04/16.

O'RIELLY, Kristine; JESWIET, Jack. The Need for Better Energy Monitoring within Industry. **Procedia CIRP** v. 29, p. 74–79, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827115004904>>. Acesso em 10/04/16.

PARAMONOVA, Svetlana; THOLLANDER, Patrik; OTTOSSON, Mikael. Quantifying the extended energy efficiency gap-evidence from Swedish electricity-intensive industries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** v. 51, p. 472–483, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.012>>. Acesso em 10/04/16.

PARESHKUMAR, Vyas A.; PURNANAD, Bhale V. Experimental investigation on energy efficiency of electrical utilities in process industries through standard energy conservation practices. **Energy Procedia** v. 54, p. 199–210, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2014.07.263>>. Acesso em 10/04/16.

POSCH, Wolfgang. **Ganzheitliches Energiemanagement für Industriebetriebe**. 1. ed. Heidelberg: Gabler Verlag, 2011.

PROCEL - Centro Brasileiro de informação de Eficiência Energética. **Indústria e Comércio**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/>>. Acesso em: 03/07/16.

PROVDANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar De. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RIBEIRO, José L. D.; NEWMANN, Carla R. Estudos qualitativos com apoio de Grupos Focados. **XV SEPROSUL Simposio de Ingeniería de la Producción Sudamericano**, 2015. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/seprosul2013/ModeloXIIISEPROSUL.doc>>. Acesso em 10/04/16.

RIETBERGEN, Martijn G.; BLOK, Kornelis. Setting SMART targets for industrial energy use and industrial energy efficiency. **Energy Policy** v. 38, n. 8, p. 4339–4354, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2010.03.062>>. Acesso em 10/04/16.

SANTOS, Afonso Henriques Moreira *et al.* **Eficiência Energética**. 1. ed. Itajubá: Eletrobrás / PROCEL EDUCAÇÃO, 2007.

SCHULZE, Mike *et al.* Energy management in industry – a systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework. **Journal of Cleaner Production** v. 112, p. 3692–3708, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615007891>>. Acesso em 10/04/16.

SIRKIN, Harold L.; ZINSER, Michael; ROSE, Justin R. **The Shifting Economics of Global Manufacturing**. 1. ed. Boston: The Boston Consulting Group, 2014. .

SOBRINHO, José Luis Ara. **Proposta de metodologia de gestão de energia elétrica no processo industrial**. 113 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia, LACTEC, Curitiba, 2011. Disponível em: <<http://www.institutoslactec.org.br/wp-content/uploads/download.php?arquivo=2014/09/JoseSobrinho.pdf>>. Acesso em 10/04/16.

SOLA, Antonio Vanderley Herrero. **Modelo de decisão multicritério para substituição de tecnologias em sistemas industriais aplicado ao uso eficiente de energia**. 109 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5244>>. Acesso em 10/04/16.

SOLA, Antonio Vanderley Herrero; MOTA, Caroline Maria de Miranda. Melhoria da eficiência energética em sistemas motrizes industriais. **Production** v. 25, n. 3, p. 498–509, 2015. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-65132015005063311&lng=pt&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132015005063311&lng=pt&nrm=iso&tlng=en)>. Acesso em 10/04/16.

THIEDE, S.; POSSELT, G.; HERMANN, C. SME appropriate concept for continuously improving the energy and resource efficiency in manufacturing companies. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology** v. 6, p. 204–211, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cirpj.2013.02.006>>. Acesso em 10/04/16.

THOLLANDER, Patrik; KIMURA, Osamu; *et al.* A review of industrial energy and climate policies in Japan and Sweden with emphasis towards SMEs. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** v. 50, p. 504–512, 2015. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S136403211500372X>>. Acesso em 10/04/16.

THOLLANDER, Patrik *et al.* Beyond barriers - A case study on driving forces for improved energy efficiency in the foundry industries in Finland, France, Germany, Italy, Poland, Spain, and Sweden. **Applied Energy** v. 111, p. 636–643 , 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.05.036>>. Acesso em 10/04/16.

THOLLANDER, Patrik; PARAMONOVA, Svetlana; *et al.* International study on energy end-use data among industrial SMEs (small and medium-sized enterprises) and energy end-use efficiency improvement opportunities. **Journal of Cleaner Production** v. 104, p. 282–296 , 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615004485>>. Acesso em 10/04/16.

TOLEDO, Renato Coli De. **Análise de potencial de economia de energia de medidas específicas de processo na indústria de alimentos**. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Energia), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia, Itajubá, 2013. Disponível em: <<http://saturno.unifei.edu.br/bim/0045793.pdf>>. Acesso em 10/04/16.

TRIANNI, Andrea; CAGNO, Enrico. Dealing with barriers to energy efficiency and SMEs: Some empirical evidences. **Energy** v. 37, n. 1, p. 494–504 , 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2011.11.005>>. Acesso em 10/04/16.

TRIANNI, Andrea; CAGNO, Enrico; DONATIS, Alessio. A framework to characterize energy efficiency measures. **Applied Energy** v. 118, p. 207–220 , 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.12.042>>. Acesso em 10/04/16.

TRIANNI, Andrea; CAGNO, Enrico; FARNÉ, Stefano. Barriers, drivers and decision-making process for industrial energy efficiency: A broad study among manufacturing small and medium-sized enterprises. **Applied Energy** v. 162, p. 1537–1551 , 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261915002639>>. Acesso em 10/04/16.

TRUST, Carbon. **Energy Management**. 1. ed. London: Carbon Trust, 2011.

VIANA, Augusto Nelson Carvalho *et al.* **Eficiência energética: fundamentos e aplicações**. 1. ed. Campinas: Elektro/Universidade Federal de Itajubá, 2012. .

VIKHOREV, Konstantin; GREENOUGH, Richard; BROWN, Neil. An advanced energy management framework to promote energy awareness. **Journal of Cleaner Production** v. 43, p. 103–112 , 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.012>>. Acesso em 10/04/16.



VIRTANEN, Tuija; TUOMAALA, Mari; PENTTI, Emilia. Energy efficiency complexities: A technical and managerial investigation. **Management Accounting Research** v. 24, n. 4, p. 401–416 , 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.mar.2013.06.002>>. Acesso em 10/04/16.

YIN, Robert k. **Estudo de Caso**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.